ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 JUILLET 1922.

PRÉSIDENCE DE M. HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE. — *La troisième Conférence internationale de la Chimie pure et appliquée.* Note de M. **Charles Moureu.**

L'Union internationale de la Chimie pure et appliquée vient de tenir sa troisième Conférence, à Lyon, du 27 juin au 1er juillet. 24 nations y ont participé, savoir : Argentine, Australie, Belgique, Canada, Danemark, Espagne, États-Unis, France, Grande-Bretagne, Grèce, Italie, Japon, Luxembourg, Monaco, Norvège, Pays-Bas, Pérou, Pologne, Portugal, Roumanie, Suisse, Tchéco-Slovaquie, Uruguay, Yougo-Slavie. Sur les 99 délégués qui avaient été désignés, 86 ont effectivement répondu à notre appel. Les pays les plus lointains, tels que l'Argentine, l'Australie, le Canada, les États-Unis, le Japon, nous ont envoyé des représentants. La délégation française comprenait, entre autres, quatre membres de notre Académie : MM. Béhal, Grignard, Lindet, Moureu (Président de l'*Union*).

I. Les principales questions à l'ordre du jour étaient les suivantes : éléments chimiques, nomenclatures diverses, signes des potentiels des électrodes, abréviations bibliographiques, unification des extraits de chimie, étalons chimiques, étalon thermochimique, tables de constantes, laboratoire international d'analyse des produits alimentaires, conservation des produits alimentaires par les procédés physiques et chimiques, laboratoires nationaux et internationaux pour l'étude des produits céramiques et des combustibles, définition internationale du terme céramique, brevet international, hygiène du travail dans l'industrie chimique.

La Commission des Éléments [1], qui venait d'être si cruellement éprouvée par la mort prématurée de notre éminent et très regretté confrère Ph.-A. Guye, a désigné deux nouveaux membres : MM. Baxter (États-Unis) et Leduc (France). Elle se prépare à publier bientôt des tables d'isotopes, d'éléments radioactifs et de masses atomiques.

Dans le problème si compliqué et si difficile des nomenclatures, plusieurs décisions importantes et efficaces ont été prises, tant au point de vue des réalisations immédiates que des méthodes de travail à suivre dans l'avenir.

L'acide benzoïque a été adopté comme étalon pour la détermination de la capacité thermique des appareils de mesures calorimétriques. On prendra provisoirement, pour la chaleur de combustion d'un gramme d'acide benzoïque (pesé dans l'air), la valeur de 6324^{cal}.

Ces indications ne sont données ici qu'à titre d'exemples. Toutes les Commissions ont travaillé activement. Toutes ont abouti à d'utiles résultats. Un exposé complet en sera publié ultérieurement dans les comptes rendus de la Conférence.

II. Conformément aux statuts, le Conseil de l'*Union internationale de la Chimie* a procédé à l'élection de son bureau pour la période de trois années qui allait s'ouvrir. Les diverses désignations ont eu lieu à l'unanimité et par acclamation. Voici la composition du nouveau bureau :

Président : Sir William Pope, de Cambridge (Grande-Bretagne).

Vice-Présidents : W. D. Bancroft, d'Ithaca; E. Biilmann, de Copenhague; E. Paterno, de Rome; E. Votocek, de Prague.

Secrétaire général : M. Jean Gérard, de Paris.

Il restait à fixer le siège et la date de la prochaine Conférence. Sur l'invitation de la délégation britannique, le Conseil choisit la ville de Cambridge et la période du 17 au 23 juin 1923.

III. La Conférence de Lyon a été pour l'*Union internationale de la Chimie* un nouveau et grand succès. L'*Union* prend désormais son essor. Sans doute sa forte structure est susceptible d'être encore consolidée; mais, tel qu'il se présente déjà, l'organisme est robuste. Il entre dans la phase résolument productive, et l'on peut lui prédire une longue et féconde carrière.

On s'accorde à reconnaître que nous formons une des plus importantes

---

[1] Cette Commission s'est réunie à Paris, par suite de l'arrivée tardive du professeur Th. W. Richards (de l'Université Harvard, Cambridge, États-Unis), le 13 juillet, sous la présidence de notre confrère M. Urbain, qui, antérieurement, avait été choisi comme Président par les suffrages unanimes de ses collègues.

sections du Conseil international de Recherches. A ce titre, c'est à la recherche scientifique, la source toujours jaillissante d'où découlent les progrès de l'Industrie, de l'Agriculture, de la Médecine, de l'Hygiène, que nous songeons avant tout. En fait, tel est bien l'objet de la plupart des Commissions que nous avons nommées; et nous savons que pour le moins l'une d'elles, la Commission des Éléments chimiques, sera bientôt en mesure, si les subventions indispensables lui sont allouées, d'apporter à l'édifice de nouvelles réalités expérimentales, dont l'utilisation pour les échanges commerciaux ne manquerait d'ailleurs pas d'entrer rapidement dans la pratique courante.

Mais il est un autre ordre d'études que l'*Union* a la volonté d'entreprendre. Seconder les efforts des chercheurs et en accroître sans cesse le rendement; à cet effet, créer un mouvement autour des grandes questions en provoquant des discussions sur les découvertes les plus originales et sur les théories générales de la Science, telle sera dorénavant l'une de nos tâches essentielles. Faut-il ajouter que jamais programme de travail ne fut plus attrayant et suggestif? Les connaissances récemment acquises sur la structure intime de la matière et sur les relations de la matière avec l'énergie, sous ses diverses formes, ouvrent à la Chimie, dans le domaine des applications comme dans celui de la pure spéculation, des perspectives infinies. Nous mettrons ces vastes sujets à l'ordre du jour de nos sessions, et il est superflu d'ajouter qu'il nous appartiendra aussi d'envisager tout spécialement maints problèmes de Chimie appliquée.

Pour obtenir des résultats sérieux, nous confierons l'étude des questions aux savants les mieux qualifiés, qui présenteront des rapports. Rapports et discussions seront publiés sous les auspices de l'*Union*.

Que de réflexions hardies verront ainsi le grand jour! Que de suggestions heureuses pour l'avancement de la Science et pour le développement de ses applications à l'amélioration de la condition de tous les hommes. Au premier chef, nous ferons œuvre internationale de recherche scientifique. Grande par son idéal élevé, d'où elle dominera toutes les frontières, cette œuvre sera véritablement humaine, créatrice de vie et de paix sociale.

Une semblable tâche n'est point au-dessus de nos intelligences et de nos cœurs. Nous avons l'ambition de la réaliser dans toute son ampleur et dans toute sa beauté.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Sur l'électrification des chemins de fer au moyen de courants alternatifs de fréquence élevée.* Note [1] de M. **Maurice Leblanc.**

Il est difficile d'embarquer, sur un véhicule animé d'une grande vitesse, des courants très intenses au moyen d'un contact glissant. En élevant leur tension, on diminuait leur intensité et cela facilitait leur embarquement, tout en économisant du cuivre. C'est pourquoi on voulait se servir de courants alternatifs, de fréquence usuelle, en les transformant sur la locomotive, avant leur envoi dans les moteurs. Mais on a dû y renoncer, parce qu'ils troublaient les communications télégraphiques et téléphoniques dans le voisinage de leur ligne de transport.

Or, si l'on se servait de courants alternatifs de fréquence élevée, 20000 par exemple, et les faisait circuler dans des conducteurs tendus au-dessus des voies, ils pourraient en *induire* d'autres dans un circuit porté par les voitures d'un train et s'étendant au-dessus d'elles, parallèlement à ces conducteurs. *Il n'y aurait plus de contact glissant.* D'autre part, les courants induits dans les lignes télégraphiques et téléphoniques seraient sans action sur leurs récepteurs, à cause de leur fréquence, et, pour les empêcher de produire des surtensions dans les lignes télégraphiques à simple fil, il suffirait de relier celles-ci à la terre, de distance en distance, par des condensateurs qui laisseraient passer, en ne leur opposant qu'une très faible impédance, les courants de fréquence 20000, mais arrêteraient les courants télégraphiques.

I. *Ligne de transport.* — Pour fixer les idées, supposons cette ligne constituée par deux conducteurs parallèles et horizontaux, distants l'un de l'autre de $1^{m},25$, situés à 4^{m} au-dessus des rails et symétriquement disposés, par rapport à un plan vertical dassant par le milieu de la voie.

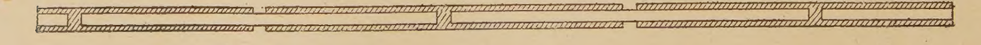


Fig. 1.

Chaque conducteur se compose de deux tubes concentriques de 1^{mm} d'épaisseur. Le diamètre extérieur du tube intérieur est de 20^{mm}, celui du tube extérieur de 26^{mm}.

---

[1] Séance du 17 juillet 1922.

Ils sont séparés par un diélectrique épais de 2^{mm}, dont nous supposons le pouvoir inducteur spécifique égal à 2 et la rigidité électrostatique égale à 400000.

Ces tubes sont interrompus de distance en distance (*fig.* 1) et chacun d'eux est divisé en tronçons de même longueur isolés les uns des autres, mais les points d'interruption d'un tube sont à égale distance de ceux de l'autre. La ligne se compose ainsi de condensateurs identiques associés en série.

Son coefficient de self-induction est de $3,751.10^{-3}$ henry par kilomètre. La capacité d'un condensateur élémentaire long de 1^{km} serait de $0,6094.10^{-6}$ farad. Pour que la ligne résonne, lorsqu'elle est parcourue par des courants de fréquence 20000, chacun des tronçons doit avoir une longueur de $471^{m},3$. Nous y ferons passer 100 ampères, au plus; la tension supportée par le diélectrique sera alors de 5542 volts et il en faudrait 80000 pour le percer. Enfin la capacité en dérivation de la ligne, compte tenu de la présence du sol, est de $0,0125.10^{-6}$ farad par kilomètre. Pour compenser ses effets, on branche, tous les kilomètres, entre les deux conducteurs d'aller et de retour, une bobine ayant nn coefficient de self-induction de 0,00507 henry.

II. *Alimentation de la ligne de transport.* — Une ligne primaire parcourue par un courant continu à haute tension dessert des postes de transformation (*fig.* 2),

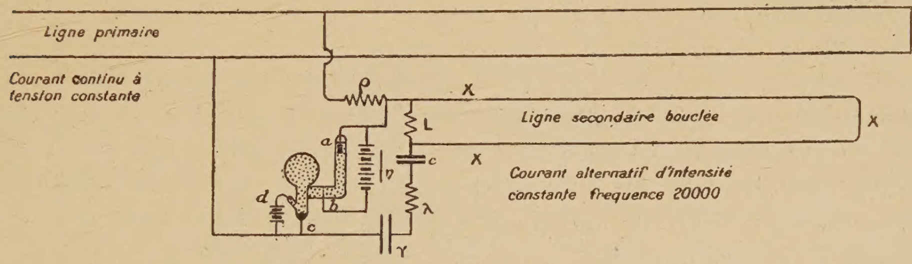


Fig. 2. — Poste de transformation.

semblables à celui décrit dans notre Note du 10 juillet dernier, mais le transformateur desservant le réseau d'alimentation est remplacé par un second résonateur LC accordé pour la fréquence 20000, comme le résonateur $\lambda\gamma$. La ligne secondaire XX, où l'on veut envoyer le courant alternatif, est en forme de boucle et branchée entre les bornes de la bobine L. Alors, comme l'a démontré jadis M. Boucherot, si une différence de potentiel efficace constante est maintenue entre les bornes du résonateur LC, la ligne XX est parcourue par un courant d'intensité efficace constante, *quelle que soit son impédance.* Enfin, si sa self-induction est compensée par des capacités, comme dans le cas actuel, le courant qui traverse le résonateur LC est complètement watté.

III *Circuits induits des voitures.* — Sur les toits des voitures (*fig.* 3 et 4) sont disposés, à $1^{m},25$ l'un de l'autre, deux tubes m et n de 10^{cm} de diamètre et de 2^{mm} d'épaisseur. Chacun s'étend au-dessous d'un des conducteurs de la ligne de transport; leurs axes sont distants de 40^{cm}.

Ces tubes sont portés par des isolateurs et reliés à ceux des voitures suivantes par des conducteurs souples munis de raccords mâle et femelle. A l'extrémité du train,

les deux brins prolongeant les tubes sont accouplés entre eux et ferment le circuit. En tête du train, il est fermé par les appareils de transformation.

Par mètre de longueur, ce circuit a, avec la ligne, un coefficient d'induction mutuelle de $458,7.10^{-9}$ henry; son coefficient de self-induction est de 2575.10^{-9} henry. En y faisant passer un courant de 1735 ampères, on détermine, dans la ligne, une chute de tension de 100 volts par mètre de longueur, en lui prenant 10 kilowatts.

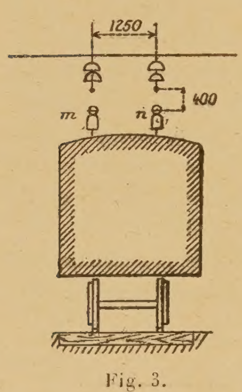


Fig. 3.

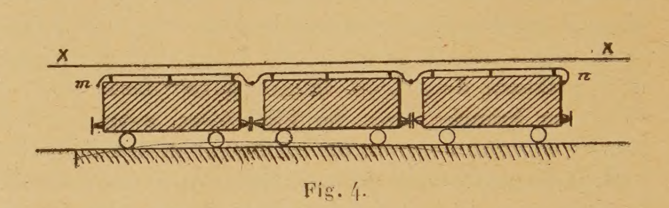


Fig. 4.

Mais il faut, pour cela, que le circuit induit résonne. Dans ce but, chaque voiture porte un condensateur intercalé dans ce circuit. Supposons qu'elle ait 13^m de longueur entre tampons, son condensateur doit avoir une capacité de 1,892 microfarad, supporte une tension de 7300 volts efficaces et emmagasine alors 101 joules; la puissance rendue disponible sur la voiture est de 130 kilowatts.

IV. *Maintien de la résonance.* — Pour que le circuit induit résonne, il faut qu'il soit parfaitement accordé et l'accord doit être maintenu automatiquement. Dans ce but, la voiture automotrice est munie d'une self-induction variable D intercalée dans le circuit induit du train et composée de deux bobines l_1 et l_2, la première fixe, la seconde mobile : elle passe d'un minimum à un maximum lorsque la bobine l_2 tourne de 180°. Un moteur G meut celle-ci dans un sens ou dans l'autre, suivant qu'il convient de diminuer ou d'augmenter la self-induction du circuit induit.

Les mouvements du moteur G sont commandés par un appareil comprenant une self-induction variable E composée d'une petite bobine fixe λ_1 et d'une petite bobine λ_2, qu'un moteur H fait constamment osciller autour d'un plan perpendiculaire à la bobine λ_1. Les bobines λ_1 et λ_2 sont montées en série dans le circuit induit, comme les bobines l_1 et l_2 et un galvanomètre F, dont l'aiguille repose à frottement doux sur son axe.

En oscillant, la bobine λ_2 augmente ou diminue d'une petite quantité la self-induction du circuit induit et, par suite, y fait varier l'intensité i du courant, de 1 pour 100 par exemple. L'aiguille du galvanomètre peut se déplacer d'une très petite quantité entre deux pointes μ et ν. Si elle s'appuie sur la pointe μ, elle ferme, par l'intermédiaire d'un relais non représenté sur la figure, le circuit du moteur G. Elle l'ouvre au

contraire, si elle s'appuie sur la pointe ν. Elle s'appuie sur la pointe μ si l'intensité i augmente, et sur la pointe ν, si cette intensité diminue.

Un inverseur monté sur l'axe de la bobine λ_2 envoie dans l'induit du moteur, dont les inducteurs sont toujours excités de la même manière, un courant d'un sens ou de l'autre, suivant que la bobine λ_2 s'est inclinée à gauche ou à droite. Les connexions sont

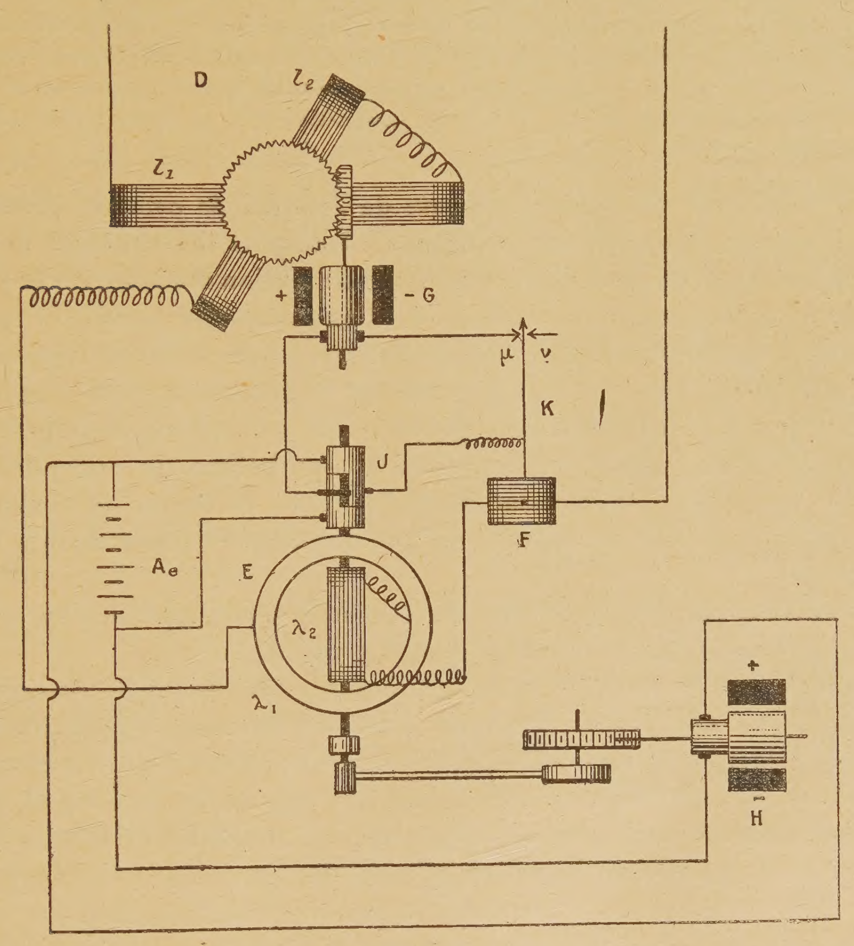


Fig. 5.

établies de manière que le moteur fasse croître la self-induction D si la self-induction E a augmenté et réciproquement, mais il ne se met en marche que si le déplacement de la bobine λ_2 a déterminé un accroissement de l'intensité i et s'arrête dès que celle-ci cesse de croître. Dans ces conditions, la self-induction D varie automatiquement de manière à rendre maxima l'intensité i du courant dans le circuit induit.

V. *Commande des moteurs du train.* — Si le train a Λ mètres de longueur, on dispose, dans la voiture de tête, d'une puissance de 10 Λ kilowatts apportée par des

courants alternatifs de fréquence 20000, fournis sous la tension de 5,76 A volts. Mais on peut modérer à volonté cette puissance en désaccordant le circuit induit des voitures et, par suite, limiter à volonté l'intensité du courant fourni. Il suffit, pour cela, d'ajouter au système une bobine de self-induction que manœuvrera le wattmann.

Ces courants seront transformés, comme nous l'avons dit dans notre Note du 10 juillet dernier, en courants triphasés, d'une fréquence aussi basse que l'on voudra et que l'on fera varier avec la vitesse du train. Cela permettra d'employer des moteurs à cage d'écureuil, les plus simples de tous, qu'il n'y aura aucun inconvénient à répartir sous les voitures, en les rendant toutes automotrices. Ils seront associés en série, la force électromotrice dont on disposera étant proportionnelle au nombre des voitures et, par suite, au leur.

Non seulement ce système dispense de l'emploi de contacts glissants, mais il permet d'envoyer dans la ligne de transport des courants de très haute tension, et de recueillir des courants de tension modérée sur le train, soit de 75 volts environ par voiture. La ligne constitue en effet le circuit primaire d'un transformateur, dont le circuit secondaire est le circuit induit porté par les voitures. Tous les appareils de transformation sont statiques, à l'exception d'un commutateur, qui ne coupe que des micro-ampères, et les appareils de contrôle se réduisent à une bobine de self-induction variable et au très petit rhéostat destiné à régler la vitesse du commutateur. Enfin, il permet de n'employer que des moteurs d'induction à cage d'écureuil.

Ce système paraît donc devoir être beaucoup plus simple et plus économique que les systèmes actuels à tous les points de vue.

On aura, certes, bien des difficultés à surmonter avant de réaliser les ampoules à trois électrodes, de grande puissance nécessaires pour produire ou transformer les courants alternatifs de fréquence élevée. Mais, nous avons cru devoir signaler, dès à présent, cette très importante application pour montrer l'intérêt que présente l'étude de ces ampoules et nous serions heureux si nous pouvions la mettre à l'ordre du jour.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxyde d'éthyle α-β'-dichloré.* Note de MM. V. Grignard et A. C. Purdy.

La théorie permet de prévoir quatre oxydes d'éthyle dichlorés sur deux carbones différents. Trois sont déjà connus : α-α', préparé par Lieben [1]

---

(1) *Lieb. Ann.*, t. 106, 1858, p. 336.

en faisant réagir l'acide chlorhydrique sec sur l'éthanal, à froid; α-β obtenu par Lieben ([1]) en chlorant l'oxyde d'éthyle, puis par Natterer ([2]), dans l'action de l'acide chlorhydrique sec sur un mélange froid de monochloraldéhyde et d'alcool.

β-β′, enfin, préparé récemment par O. Kamm et Waldo ([3]) en condensant la monochlorhydrine éthylénique par l'acide sulfurique concentré.

Nous nous sommes proposé de réaliser le dérivé α-β′, encore inconnu,

$$CH^3 - CHCl - O - CH^2 - CH^2Cl.$$

Nous avons étudié dans ce but la condensation de l'éthanal avec la monochlorhydrine du glycol et l'acide chlorhydrique sec, suivant la méthode connue de préparation des éthers-oxydes α-chlorés.

En raison de la volatibilité de l'éthanal, il est préférable de l'employer sous forme de paraldéhyde.

Dans un mélange de 1^{mol} de monochlorhydrine éthylénique (Eb. 128°-130°), et $\frac{1}{3}$ de molécule de paraldéhyde (1^{mol} éthanal), on fait passer jusqu'à saturation de l'acide chlorhydrique sec, en maintenant la température entre 0° et 10° au moyen d'un mélange réfrigérant. Le liquide se sépare en deux couches; on enlève la couche inférieure, constituée à peu près uniquement par une solution aqueuse d'acide chlorhydrique, puis, sans cesser de refroidir, on ajoute un peu de $CaCl^2$ sec et l'on fait passer un courant de CO^2 pour entraîner l'acide chlorhydrique dissous. Finalement, on neutralise par un peu de CO^3Ca et l'on rectifie sous pression réduite.

On isole d'abord un peu de chlorhydrine et de paraldéhyde, puis l'oxyde dichloré cherché qui passe entre 55°-58° sous 17^{mm} (rendement 93^g, 65 pour 100). On sépare ensuite à 106°-108° sous 17^{mm} une faible quantité (8^g) de l'acétal correspondant et il reste un résidu goudronneux, indistillable, assez important.

Les réactions qui interviennent sont les suivantes :

$$CH^3CHO + CH^2Cl\,CH^2OH = CH^3CH(OH) - O - CH^2CH^2Cl \xrightarrow{+HCl}$$
$$CH^3CHCl - O - CH^2 - CH^2Cl + CH^2ClCH^2OH = CH^3CH(OCH^2CH^2Cl)^2 + H^2O.$$

L'oxyde d'éthyle α-β′-dichloré est un liquide incolore, fumant légèrement à l'air, d'odeur acide pénétrante, se dissolvant rapidement dans l'eau en

---

([1]) *Lieb. Ann.*, t. 111, p. 121; t. 146, p. 185.
([2]) *Monats. f. Ch.*, t. 5, 1884, p. 496.
([3]) *J. Ann. ch. Soc.*, 1921, p. 2223.

régénérant ses constituants. On ne peut le distiller à la pression ordinaire, mais il passe à peu près inaltéré à 55°-57° sous 17^{mm}. Abandonné à lui-même, ce corps noircit, peu à peu, et fixe le brome ; il se fait vraisemblablement un dérivé vinylique.

L'analyse, faite immédiatement après la distillation, manifeste déjà, en effet, une perte d'acide chlorhydrique :

Trouvé........................	C = 34,0	H = 5,6	Cl = 49,0
Calculé pour $C^4H^8OCl^2$........	33,6	5,6	49,6

En outre,

$$d_{19} = 1,1823 ; \quad n^D_{16,2} = 1,4497 ;$$

d'où

$$Rm = 32,48 \quad (\text{calculé} = 31,977).$$

L'acétal β'-β''-dichloréthylique signalé plus haut a pu être obtenu, avec un rendement de 36 pour 100 seulement, en faisant réagir, à froid, environ 1^g d'acide chlorhydrique sec sur un mélange de $\frac{1}{2}$ molécule de monochlorhydrine éthylénique et $\frac{1}{4}$ de molécule d'éthanal, suivant la méthode de E. Fischer et Giebe [1].

Après 48 heures de repos, on traite par un égal volume d'eau, on neutralise, on extrait à l'éther, on lave, on sèche et l'on rectifie.

Cet acétal dichloré est un liquide incolore, d'odeur forte, rappelant celle du chloracétal, insoluble dans l'eau. Il distille à la pression ordinaire, à 196°-198°, en se décomposant partiellement; dans le vide il bout à 106°-108° sous 17^{mm}.

Mais il perd encore ainsi de l'acide chlorhydrique, car il fixe un peu le brome ; l'analyse en témoigne également :

Trouvé........................	C = 39,5	H = 6,6	Cl = 36,2
Calculé pour $C^6H^{12}O^2Cl^2$.......	38,5	6,5	37,9

Il a donné en outre :

$$d_{19} = 1,1712 ; \quad n^D_{16,2} = 1,4532 ;$$

d'où

$$Rm = 43,17 \quad (\text{calculé } 42,758).$$

Cryoscopie dans le benzène : trouvé, 179; théorie, 187.

Les relations entre les deux corps précédents ont été nettement établies en passant de l'un à l'autre :

---

(1) *Ber.*, 1897, p. 3053.

1° En condensant l'éther oxyde dichloré et la chlorhydrine éthylénique, à la température ambiante, pendant 24 heures, puis chauffant pendant 1 heure au bain-marie, nous avons obtenu l'acétal dichloré avec un rendement de 27 pour 100 seulement, à côté de beaucoup de produits goudronneux. Il eût mieux valu sans doute ne pas chauffer;

2° Inversement l'acétal dichloré traité par le pentachlorure de phosphore, suivant les indications de Geuther et de Bachmann [1], nous a donné l'éther oxyde dichloré, conformément à la réaction

$$CH^3CH\left\langle\begin{matrix}OCH^2CH^2Cl\\OCH^2CH^2Cl\end{matrix}\right. + PCl^5$$
$$= CH^3CHCl - O - CH^2CH^2Cl + ClCH^2CH^2Cl + POCl^3.$$

Il est vraisemblable que l'on pourra obtenir des homologues des deux nouveaux composés que nous venons de décrire, en condensant d'autres aldéhydes avec la monochlorhydrine éthylénique ou avec d'autres α-chlorhydrines.

Il y aura lieu également d'étudier plus complètement la mobilité relative des deux atomes d'halogène et la possibilité de préparer, en partant des éthers oxydes α-β'-dichlorés, des dérivés de la β-furazolidine (tétrahydro-β-furazol ou tétrahydro-oxazol). Nous désirons nous réserver cette étude.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Louis Roule. *Les poissons migrateurs, leur vie et leur pêche.* (Présenté par M. L. Guignard.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de polynomes à deux variables complexes.* Note [2] de M. **Abramesco**, présentée par M. Appell.

I. Considérons le développement en série de polynomes de la fonction $F(x, y)$.

---

[1] *Lieb. Ann.*, t. **218**, 1883, p. 39.

[2] Séance du 10 juillet 1922.

1. Faisons dans l'intégrale double

$$(1)\qquad F(x, y) = -\frac{1}{4\pi^2}\int_{(C)}\int_{(\Gamma)}\frac{F(u, v)}{(u-x)(v-y)}\,du\,dv$$

le changement de variables

$$(2)\qquad u = g(U, V),\qquad v = h(U, V)\qquad (u = x_1 + iy_1,\ v = x_2 + iy_2).$$

A l'ensemble des deux courbes (C) et (Γ) de l'espace (u, v) à quatre dimensions, vont correspondre, avec la transformation (2), dans les plans U et V, les courbes (c) et (γ),

$$U = X_1 + iY_1,\qquad V = X_2 + iY_2.$$

Nous prendrons les fonctions g et h, telles que, aux domaines extérieurs aux courbes (C) et (Γ), correspondent les champs intérieurs aux cercles (c) et (γ) de rayons égaux à l'unité, et aux points $u = \infty$, $v = \infty$, les centres des cercles $U = 0$, $V = 0$,

$$u = \frac{P(V)}{U} + f(U, V),\qquad v = \frac{Q(U)}{V} + \varphi(U, V),$$

$$P(V) = \sum \alpha_i V^i,\qquad f(U, V) = \sum\sum a_{m,n} U^m V^n,$$

$$Q(U) = \sum \beta_i U^i,\qquad \varphi(U, V) = \sum\sum b_{m,n} U^m V^n,$$

les fonctions P, f, Q, φ étant régulières dans les cercles (c) et (γ).

La fonction $F(x, y)$ étant régulière dans l'intérieur des courbes (C) et (Γ) et le long de ces courbes, après le changement (2), l'intégrale (1) devient

$$(3)\qquad F(x, y) = -\frac{1}{4\pi^2}\int_{(c)}\int_{(\gamma)}\frac{F(g, h)}{(g-x)(h-y)}\,\frac{D(g, h)}{D(U, V)}\,dU\,dV,$$

et l'on trouve

$$\frac{\dfrac{D(g, h)}{D(U, V)}}{(g-x)(h-y)} = \frac{1}{UV}\left[1 + \sum\sum U^m V^n P_{m,n}(x, y)\right],$$

$P_{m,n}(x, y)$ étant des polynomes de degrés m en $\dfrac{x - a_{0,0}}{\alpha_0}$, n en $\dfrac{y - b_{0,0}}{\beta_0}$. Donc

$$(4)\qquad \begin{cases} F(x, y) = \sum\sum A_{m,n} P_{m,n}(x, y), \\ A_{m,n} = -\dfrac{1}{4\pi^2}\displaystyle\int_{(c)}\int_{(\gamma)} F[g(U, V), h(U, V)]\, U^{m-1} V^{n-1}\,dU\,dV. \end{cases}$$

Nous avons obtenu ainsi le développement de la fonction $F(x, y)$ en série de polynomes de deux variables complexes, valable seulement à l'intérieur des courbes (C) et (Γ), les polynomes dépendant seulement des contours (C) et (Γ) et les coefficients $A_{m,n}$, des contours et de la fonction $F(x, y)$.

Exemples :

$$1^\circ \quad u = \frac{r}{U} + x_0, \qquad v = \frac{\rho}{V} + y_0; \qquad P_{m,n} = \left(\frac{x - x_0}{r}\right)^m \left(\frac{y - y_0}{\rho}\right)^n;$$

$$2^\circ \quad u = \frac{\alpha}{U} + f(U), \qquad v = \frac{\beta}{V} + \varphi(V); \qquad P_{m,n} = P_m(x)\, Q_n(y),$$

$P_m(x)$ et $Q_n(y)$ étant les polynomes de M. Faber qui correspondent respectivement aux contours (C) et (Γ), dans les cas d'une seule variable complexe;

$$3^\circ \qquad u = \frac{1}{2}\left(2U + \frac{1}{U} - \frac{V^2}{U}\right), \qquad v = \frac{1}{2}\left(2V + \frac{1}{V} - \frac{U^2}{V}\right).$$

Si U et V décrivent les cercles (c_1) et (γ_1) de rayons égaux, $\rho < 1$, avec la correspondance $U = \rho e^{i\omega}$, $V = \rho e^{i\omega}$, on obtient, sur les plans $u = x_1 + iy_1$, $v = x_2 + iy_2$, les courbes associées (C_1) et (Γ_1), qui sont des ellipses égales, homofocales, de foyers -1 et $+1$.

2. On peut, comme pour le cas d'une seule variable complexe [1], trouver les propriétés des polynomes $P_{m,n}(x, y)$.

En faisant la transformation $x = g(X, Y)$, $y = h(X, Y)$, on a :

$$1^\circ \qquad P_{m,n}(x, y) = \frac{1}{X^m Y^n} + f_{m,n}(X, Y);$$

$$2^\circ \quad F_1(X, Y) = F[g(X, Y), h(X, Y)] = \sum\sum \frac{A_{m,n}}{X^m Y^n} + \sum\sum A_{m,n} f_{m,n}(X, Y),$$

ce qui montre que le développement de $F(x, y)$ est unique, etc.

II. Le deuxième point de vue de l'étude des séries $\sum\sum a_{m,n} P_{m,n}(x, y)$ est moins simple que le premier.

1. Considérons le cas où les coefficients $a_{m,n}$ sont donnés [2] tels que

$$\sqrt[m+n]{|a_{m,n}|\, k^n} \to \frac{1}{\lambda(k)}$$

---

(1) Voir Faber, *Ueber polynomische Entwickelungen* (*Math. Annalen*, 1903, p. 389 et 1907, p. 118).

(2) Au sens de MM. Hadamard et Lemaire. Voir Lemaire, *Sur les séries entières à plusieurs variables indépendantes* (*Bulletin des Sciences mathématiques*, 1896, p. 286).

et les polynomes

$$P_{m,n}(x, y) = P_m(x)\,Q_n(y),$$

les polynomes $P_m(x)$ et $Q_n(y)$ étant liés par les relations de Poincaré [1],

$$R_p(x)\,P_{m+p}(x) + \ldots + R_0(x)\,P_m(x) = 0,$$
$$S_q(y)\,Q_{n+q}(y) + \ldots + S_0(y)\,Q_n(y) = 0.$$

Les courbes associées de convergence des séries $\sum\sum a_{m,n} P_m(x)\,Q_n(y)$ sont données sur les plans x et y par

$$|\alpha(x)| = r, \qquad |\beta(y)| = \rho,$$

(r, ρ) étant un point intérieur à la courbe $r = \lambda\left(\frac{r}{\rho}\right)$ (où se trouve l'origine O des axes Or, $O\rho$), $\alpha(x)$ et $\beta(y)$ étant les racines de plus grand module des équations

$$z^p + A_{p-1} z^{p-1} + \ldots + A_0 = 0, \qquad A_s = \lim \frac{R_s}{R_p},$$
$$z^q + B_{q-1} z^{q-1} + \ldots + B_0 = 0, \qquad B_t = \lim \frac{S_t}{S_q}.$$

Les champs de convergence sont les régions intérieures aux courbes

$$|\alpha(x)| = r, \qquad |\beta(y)| = \rho,$$

(r, ρ) étant un point intérieur à la courbe $r = \lambda\left(\frac{r}{\rho}\right)$.

2. Un autre exemple est le cas où les polynomes $P_{m,n}(x, y)$ sont les coefficients des termes d'une série de Lagrange-Laplace à deux variables complexes (polynomes d'Hermite).

ÉLASTICITÉ. — *Sur la recherche géométrique des efforts intérieurs et des déplacements autour d'un point dans un corps élastique.* Note [2] de M. **Farid Boulad Bey**, présentée par M. M. d'Ocagne.

Nous allons exposer ici trois nouvelles représentations géométriques sphériques applicables à ce problème.

La première permet de trouver très simplement, au moyen d'une sphère

---

[1] Poincaré, *Sur les équations linéaires aux différentielles ordinaires et aux différences finies* (*American Journal*, vol. 7).

[2] Séance du 10 juillet 1922.

S_1 déterminée comme on va voir ci-dessous par rapport à trois axes rectangulaires $Oxyz$ et ayant son centre situé dans le plan xOz, les efforts intérieurs obliques R par unité de surface et leurs composantes normales N et tangentielles T qui s'exercent sur les divers éléments passant en un point O d'un corps élastique déformé et en équilibre sous l'action de forces quelconques.

Si l'on considère le plan yOz comme plan d'un élément quelconque E *passant en* O, *les trois genres d'efforts ci-dessus* R, N, T *relatifs à cet élément, sont représentés respectivement à la fois, en grandeur et direction relativement à ce plan yOz, par le vecteur* OM *d'un point déterminé* M *de cette sphère* S_1 *et les projections de ce vecteur sur l'axe* Ox *et le plan* yOz (¹).

Il suffit de connaître deux quelconques des trois angles α, β, γ que la normale ON à un élément E en O fait respectivement avec les trois axes principaux $Oabc$ rectangulaires en ce point, pour avoir immédiatement, au moyen de cette sphère, les trois efforts ci-dessus définis agissant sur cet élément (²).

En particulier, si l'un des trois efforts principaux *a*, *b*, *c* au point O, est nul, ou si deux de ces trois efforts sont égaux et de même signe, on retombe sur la représentation bien connue de M. d'Ocagne au moyen d'un cercle (³).

La deuxième représentation donne, en grandeur et sens, les mêmes efforts obliques R estimés suivant une direction fixe quelconque ON_2, par des vecteurs OV_2 de même origine O et dont les extrémités sont situées sur une sphère S_2 passant par cette origine. Cette représentation est très importante en ce qu'elle permet d'avoir d'une manière simple, en grandeur et direction dans l'espace, l'effort oblique R relatif à un élément quelconque E en un point O, lorsqu'on connaît deux des trois angles que la normale à cet élément fait avec trois axes quelconques $Ox_0y_0z_0$, et les trois efforts obliques R agissant sur les éléments passant en O et perpendiculaires à ces trois axes.

La troisième représentation donne également, de la même façon que celle de la sphère S_2, par les vecteurs d'une autre sphère S_3, les déplacements

(¹) Il existe une infinité des sphères S_1 définies ici qui donnent la représentation indiquée ci-dessus.

(²) Voir la représentation plane au moyen de cercles due à Mohr, exposée dans le *Cours de Matériaux de Construction* de M. Mesnager, p. 102.

(³) *Bulletin de la Société mathématique de France*, 1884, p. 27. La construction de M. d'Ocagne est devenue classique par suite de son introduction dans les ouvrages sur la Résistance des Matériaux de Collignon, Maurice Levy, Jean Résal, etc.

élastiques ainsi que les efforts intérieurs de nature quelconque estimés suivant une direction fixe BX et qui se développent autour d'un point B d'un corps élastique assujetti à des liaisons complètes et soumis à l'action d'une force constante AF_1 de direction variable appliquée en un autre point déterminé A de ce corps.

Ces deux dernières représentations se déduisent aisément du principe de réciprocité des effets élastiques.

1° *Si le système des trois axes rectangulaires* $Oxyz$ *occupe au point* O *une position telle que l'axe* Ox *coïncide avec la normale* ON *à un élément* E *en ce point* O *et que les deux autres axes rectangulaires* Oy *et* Oz *soient placés dans le plan de cet élément de manière que le vecteur* OM, *représentant en grandeur et direction l'effort oblique* R *à cet élément, ait pour projection sur l'axe* Oz

$$z = m\,\frac{2}{\cos\alpha} + n\,\frac{2}{\cos\gamma} + p,$$

m, n, p étant des paramètres astreints à la seule condition

$$|m| + |n| + |p| \leqq |a|,$$

le lieu géométrique de l'extrémité M *de ce vecteur relativement au système de trois axes* $Oxyz$ *supposé mobile, et, pour chaque système de valeurs m, n, p, est une sphère* S_1 *ayant son centre situé dans le plan* xOz.

Si l'on prend $m = p = 0$ et $n = b - c$, on obtient une sphère S_1 particulièrement simple. Elle a pour centre $S\left(y = 0,\ x = \frac{a+b}{2},\ z = \frac{a-c}{2}\right)$ et pour rayon $r = \sqrt{\left(\frac{a-b}{2}\right)^2 + \left(\frac{a-c}{2}\right)^2}$.

Quand on connaît les deux angles γ et α, la position du point correspondant M, pour lequel $(R = OM,\ N = x,\ T = \sqrt{x^2 + y^2})$, se détermine sur cette sphère par ses deux coordonnées :

$$z = (b-c)\left(\frac{\cos 2\gamma + 1}{2}\right), \qquad x = b + (a-b)\left(\frac{\cos 2\alpha + 1}{2}\right) - z.$$

2° *Si l'on porte, sur la normale* ON_1 *à un élément* E_1, *à partir du point* O, *une longueur* OV_2 *égale à la projection de l'effort intérieur oblique* OR_1 *relatif à cet élément, sur un axe quelconque* ON_2, *le lieu de l'extrémité* V_2, *lorsque cet élément varie d'orientation, est une sphère* S_2 *passant par* O *et ayant comme diamètre l'effort oblique* OR_2 *par unité de surface qui s'exerce sur l'élément* E_2 *perpendiculaire à l'axe* ON_2.

3° *Si* BB' *est un vecteur représentant, en grandeur et direction, le déplace-*

ment élastique ou un effort intérieur de nature quelconque produit au point B, *et si l'on porte, sur la ligne d'action de la force* AF_1, *à partir du point* A, *une longueur* AP_1 *égale à la projection du vecteur* BB′ *sur l'axe* BX, *le lieu de l'extrémité* P_1, *lorsque la force* AF_1 *pivote autour du point* A, *est une sphère* S_3 *passant par ce point* A *et ayant comme diamètre le déplacement élastique ou l'effort intérieur produit en* A *par une force* BF_2 *appliquée en* B *suivant l'axe* BX *et ayant une intensité égale à celle de la force* AF_1 *supposée supprimée.*

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le déplacement des tenseurs.* Note [1] de M. **Paul Dienes**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Dans une Note récente [2], nous avons montré que la théorie du déplacement des tenseurs rend inévitable l'introduction de la connexion quadratique, généralisation de la connexion affine (= linéaire) de M. Weyl [3]. Nous avons vu de même que le déplacement successif d'un tenseur de p à q et de q à p conduit à un tenseur cinématique nouveau.

Dans la présente Note, nous allons établir la formule générale pour des déplacements successifs quelconques.

Nous définissons le déplacement de $A^k(p)$ de $p(x_i)$ à $q(x_i+\Delta x_i)$ par l'équation

$$A^k(p \wr q) = A^k(p)\text{-}(q) + D_{k,\alpha}(p)\, A^\alpha(p)\text{-}(q), \tag{1}$$

où

$$D_{k,\alpha} = C_{k,\alpha,\lambda}(p)\,\Delta x_\lambda + C_{k,\alpha,\lambda,\mu}\,\Delta x_\lambda \Delta x_\mu \tag{2}$$

avec les fonctions arbitraires $C_{k,\alpha,\lambda}(\chi_i)$, $C_{k,\alpha,\lambda,\mu}(\chi_i)$, que nous appellerons respectivement « paramètres linéaires » et « paramètres quadratiques » de la connexion. Le symbole $A^k(p)\text{-}(q)$ indique que nous imaginons le tenseur $A^k(p)$ comme attaché à q et le tenseur $A^k(p \wr q)$, attaché également à q, est le tenseur $A^k(p)$ *déplacé* de p à q.

2. Soient donnés les points

$$p(x_i), \quad p_s(x_i+\Delta_1 x_i+\Delta^2 x_i+\ldots+\Delta_s x_i) \qquad (s=1, 2, \ldots, n),$$

où les $\Delta_s x_i$ seront considérées comme des quantités du premier ordre.

---

(1) Séance du 3 juillet 1922.

(2) Voir *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1167.

(3) Weyl, *Raum, Zeit, Materie*, 3e édition, p. 100.

Un calcul simple montre qu'au troisième ordre près, on a

$$(3)\quad A^k(p)(p_1, \ldots, p_n) = A^k(p)\text{-}(p_n) + A^\alpha(p)\text{-}(p_n) \times \left\{ \sum_{s=0}^{n-1} D_{k,\alpha}(p_s) + \sum_{s=0}^{n-2} [D_{k,\rho}(p) + D_{k,\rho}(p_1) + \ldots + D_{k,\rho}(p_s)] + D_{\rho,\alpha}(p_{s+1}) \right\}.$$

On le vérifie aisément pour $n = 2$ et on l'établit pour n quelconque par récurrence.

En définissant d'une manière analogue le déplacement d'un tenseur covariant A_i, on obtient une formule semblable avec des indices supérieurs, c'est-à-dire avec des paramètres nouveaux, De cette façon, on étend aisément toute la cinématique tensorielle aux tenseurs d'ordre quelconque. Si l'on ajoute enfin au second membre de (2) des termes de degré supérieur à 2, on obtient la généralisation de la formule (3) pour le cas d'une connexion d'ordre quelconque. Les termes du second degré n'en sont cependant pas altérés.

3. Explicitons la formule (3) pour l'appliquer au problème du contour fermé. En mettant en évidence les coefficients des différentielles, on a

$$A^k(p)(p_1, \ldots, p_n) - A^k(p) - (p_n)$$
$$= A^\alpha[p) - (p_n) \Bigg[C_{k,\alpha,\lambda}(p) \sum_{s=1}^{n} \Delta_s x_\lambda + C_{k,\alpha,\lambda,\mu}(p) \sum_{s=1}^{n} \Delta_s x_\lambda \, \Delta_s x_\mu$$
$$+ \left(\frac{\partial C_{k,\alpha,\lambda}(p)}{\partial x_\mu} + C_{k,r,\mu}(p)\, C_{r,\alpha,\lambda}(p) \right) \sum_{s=1}^{n-1} \Delta_1 x_\mu + \Delta_3 x_\mu + \ldots + \Delta_s x_\mu \, \Delta_{s+1} x_\lambda \Bigg].$$

Si le polygone est fermé, c'est-à-dire si $\sum_{s=1}^{n} \Delta_s x_\lambda = 0$, l'élimination de $\Delta_n x_\lambda$ conduit à *la formule fondamentale* suivante :

$$A^k(p)(p_1, \ldots, p_{n-1}, p) - A^k(p)$$
$$= A^\alpha(p) \left[P^k_{\alpha,\lambda,\mu}(p) \sum_{s=1}^{n-1} \Delta_s x_\lambda \, \Delta_s x_\mu + S^k_{\alpha,\lambda,\mu}(p) \sum_{s=1}^{n=2} (\Delta_1 x_\lambda + \Delta_2 x_\lambda + \ldots + \Delta_s x_\lambda) d_{s+1} x_\mu \right]$$

avec

$$P^k_{\alpha,\lambda,\mu} = 2 C_{k,\alpha,\lambda,\mu} - \frac{\partial C_{k,\alpha,\lambda}}{\partial x_\mu} - C_{k,r,\mu} C_{k,\alpha,\lambda}$$

et

$$S^{k}_{\alpha,\lambda,\mu} = C_{k,\alpha,\lambda,\mu} + C_{k,\alpha,\mu,\lambda} - \frac{\partial C_{k,\alpha,\mu}}{\partial x_\lambda} - C_{k,r,\lambda} C_{r,\alpha,\mu}.$$

4. L'intérêt principal de la formule (5) est qu'il met en évidence les ten-

seurs-multiplicateurs $P_{\alpha,\lambda,\mu}$ et $S^k_{\alpha,\lambda,\mu}$ par un calcul arithmétique *sans passage à la limite*.

Imaginons maintenant que, *sans augmenter le nombre des points intermédiaires*, nous diminuions les distances entre ces points dans le même rapport. Après avoir divisé par $(\Delta_s)^2$, le passage à la limite ainsi conçu conduira à une formule analogue à (5) où les Δ sont remplacés par d, c'est-à-dire les coordonnées relatives des points successifs par les paramètres angulaires successifs. *La limite dépendra de toute la suite de directions successives, c'est-à-dire de la figure employée.*

Si nous intégrons d'abord le long d'une courbe finie et que nous fassions tendre ensuite la courbe fermée vers le point p, le premier passage à la limite, l'intégration fera disparaître le coefficient de $P^k_{\alpha,\lambda,\mu}$ et conduira à une valeur du coefficient $S^k_{\alpha,\lambda,\mu}$ égale à l'aire enfermé par la projection de la courbe sur le plan (x_λ, x_μ). Et comme

$$S^k_{\alpha,\lambda,\mu} - S^k_{\alpha,\mu,\lambda} = R^k_{\alpha,\lambda,\mu},$$

on retrouvera ainsi la formule qui découle du parallélisme de M. Levi-Cevità [1].

Remarquons enfin que $P^k_{\alpha,\lambda,\mu}$ étant un tenseur, nous pouvons poser

$$P^k_{\alpha,\lambda,\mu} + P^k_{\alpha,\mu,\lambda} = 0,$$

c'est-à-dire, en supposant $C_{k,\alpha,\lambda,\mu}$ symétrique en λ et μ,

$$(4) \qquad 4C_{k,\alpha,\lambda,\mu} = \frac{\partial C_{k,\alpha,\lambda}}{\partial x_\mu} + \frac{\partial C_{k,\alpha,\mu}}{\partial x_\lambda} + C_{k,\beta,\lambda} C_{\beta,\alpha,\mu} + C_{k,\beta,\mu} C_{\beta,\alpha,\lambda},$$

ce qui conduit à

$$S^k_{\alpha,\lambda,\mu} = \frac{1}{2} R^k_{\alpha,\lambda,\mu}.$$

ÉLECTRICITÉ. — *Nouveau procédé pour déceler la présence d'un sous-marin.* Note [2] de MM. **Paul Sacerdote** et **Pierre Lambert** [3].

La plupart des procédés qui ont été proposés pour la recherche des sous-marins sont des *procédés acoustiques :* le *bruit* du sous-marin est perçu à l'aide de microphones convenablement disposés.

---

(1) Voir Pérès, *Le parallélisme de M. Levi-Cività et la courbure riemannienne* (*Atti dei Lincei*, vol. 281, 1919, p. 425).

(2) Séance du 10 juillet 1922.

(3) Résumé d'un pli cacheté déposé dans la séance du 23 avril 1917 et ouvert dans la séance du 26 juin 1922.

Le procédé que nous allons exposer est basé sur un principe tout à fait différent; c'est un *procédé électrique :* le sous-marin révèle sa présence par *la différence de sa conductibilité électrique avec celle de l'eau de mer*. Nous le décrirons pour le cas où il semble être le plus directement applicable, celui où il s'agit de révéler le passage du sous-marin dans une *passe* (entrée de port, détroit, etc.).

Principe. — Deux câbles, conducteurs, *nus* (non recouverts d'un isolant) C et C′ (*fig.* 1) sont immergés dans la mer, dans toute la largeur de la passe, à peu près parallèlement et à une distance l'un de l'autre de l'ordre de la longueur moyenne d'un sous-marin. Chaque câble a l'une de ses extrémités libre et l'autre reliée à l'un des pôles d'une génératrice de courant D; le circuit est donc fermé entre C et C′ par l'eau de la mer; un galvanomètre G indique l'intensité du courant.

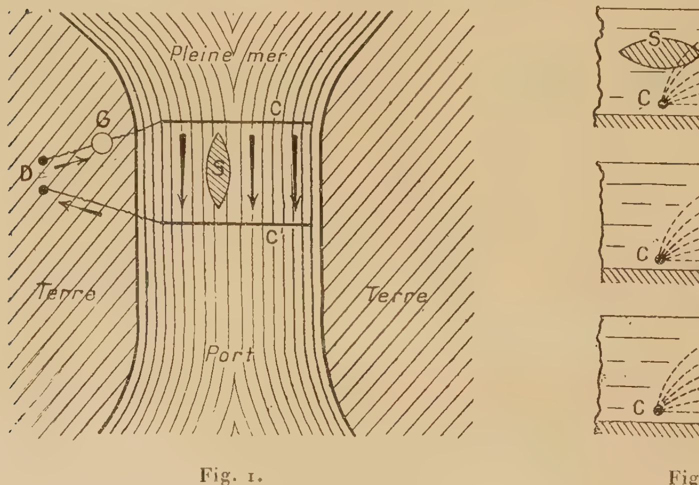


Fig. 1.

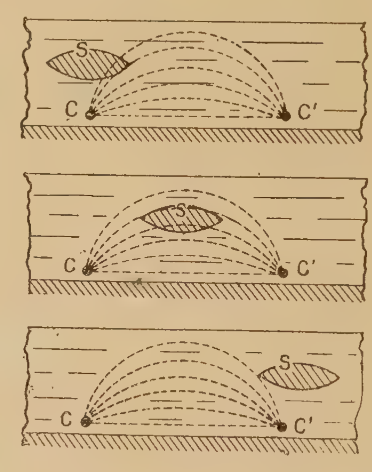


Fig. 2, 3 et 4.

Si un sous-marin S vient à franchir la passe : quand il se trouve entre C et C′ (*fig.* 1 et 3), la résistance de la mer entre les deux câbles est diminuée, l'intensité du courant électrique augmente, la déviation de l'aiguille du galvanomètre croît.

Difficultés. — Plusieurs difficultés sont à surmonter :

1° Il est nécessaire qu'*en l'absence du sous-marin, la déviation de l'aiguille du galvanomètre soit à peu près constante*. Pour cela, il faut s'affranchir des effets de la polarisation : on y arrive aisément en employant comme génératrice *un alternateur* au lieu d'une dynamo à courant continu.

2° L'intensité du courant employé devant être assez considérable, il serait difficile d'avoir *un galvanomètre* G *supportant ce courant et cependant susceptible d'indi-*

quer de faibles variations de son intensité. Pour tourner la difficulté, il suffit de disposer un pont de Wheatstone (*fig.* 5) dont la résistance CC′ forme l'une des branches; les résistances R_1 et R_2 des deux autres branches sont fixes et l'on règle la résistance r de la quatrième branche pour équilibrer le pont et ramener au zéro l'aiguille d'un *galvanomètre très sensible* G intercalé sur la diagonale MN. Si un sous-marin S vient à passer entre C et C′, la résistance de la mer entre C et C′ est modifiée, l'équilibre du pont est détruit et l'aiguille du galvanomètre G dévie.

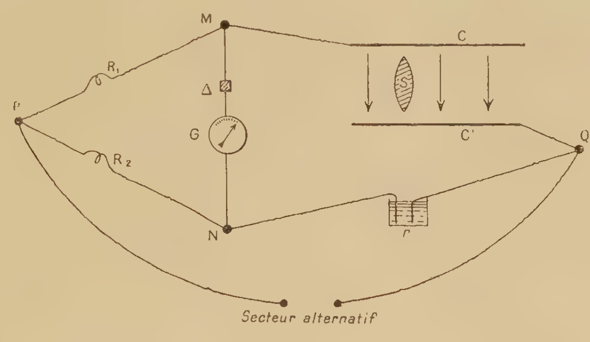


Fig. 5.

3° Il n'existe pas, à notre connaissance, un *galvanomètre usuel, très sensible, pour courants alternatifs.* On y remédie en intercalant dans la diagonale MN du pont *un détecteur* à galène **Δ** : celui-ci ne laisse passer que les courants d'un seul sens et l'on peut utiliser pour G n'importe quel galvanomètre sensible à courant continu, de période un peu longue.

Expériences. — Les premières expériences ont été faites en utilisant un bassin.

Ce bassin, d'environ 2^m sur 2^m, fut rempli d'eau à la même salure que celle de la mer; deux câbles de cuivre C et C′ (*fig.* 5) furent immergés, parallèlement, à environ 1^m l'un de l'autre; un fil de fer S de 1^{mm} de diamètre environ et de 30^{cm} de longueur, que l'on introduisait dans l'eau au moment voulu, représentait le sous-marin S. Deux autres branches du pont étaient constituées par des résistances fixes R_1 et R_2, la quatrième branche était formée d'un rhéostat à liquide r. Les deux extrémités P et Q de l'une des diagonales étaient reliées aux deux pôles du secteur (courant alternatif, 42 périodes); l'intensité du courant dans la branche PMQ était de 4 ampères environ; sur l'autre diagonale MN se trouvait un détecteur à galène **Δ** et le galvanomètre G qui était un milliampèremètre [1]. En réglant convenablement la résistance r on équilibrait le pont et l'on ramenait l'aiguille du milliampéremètre à peu près au zéro; elle y restait à peu près *immobile. Si l'on introduisait alors le fil de fer* S *dans l'eau*

[1] Dans une première série d'expériences où nous avions employé un *téléphone*, au lieu du galvanomètre G, nous avions constaté qu'on arrive très difficilement, avec le courant du secteur, à équilibrer le pont de façon à obtenir le silence absolu au télé-

du bassin, on constatait une déviation brusque et considérable (plus de 50 divisions) *de l'aiguille du galvanomètre.*

Cette déviation était d'autant plus grande que le fil S était introduit plus profondément dans l'eau, c'est-à-dire plus près du niveau CC'. En outre, si après avoir introduit le fil S dans l'eau de façon qu'il fût en partie en dehors de l'intervalle CC' (*fig.* 2), on le déplaçait dans le sens de sa longueur, *la déviation de l'aiguille du galvanomètre, d'abord faible, augmentait, devenait maximum quand le fil était entre* C *et* C' (*fig.* 3), *puis diminuait quand le fil dépassait de l'autre côté* (*fig.* 4).

D'autres expériences ont été faites ensuite dans la mer elle-même, à Toulon, mais ont été interrompues à la fin de la guerre. Elles ont donné des résultats appréciables, tout en faisant apparaître quelques difficultés qui pourraient très probablement être surmontées à l'aide des moyens plus sensibles dont on dispose actuellement pour déceler des courants alternatifs très faibles.

PHYSIQUE. — *Actinomètre à électrodes de mercure halogénées ou sulfurées.* Note [1] de M. G. **Athanasiu**, transmise par E. Bouty.

On sait depuis E. Becquerel (1839) que la lumière peut produire une différence de potentiel entre deux électrodes immergées dans un même électrolyte. Les recherches de Becquerel se rapportent surtout à des actinomètres, pourvus d'électrodes de chlorure, bromure et iodure d'argent. Le même effet a été reconnu depuis sur divers autres composés métalliques. Les métaux purs donnent toujours des courants extrêmement faibles. Dans presque tous les cas l'électrode éclairée devient positive par rapport à celle qui reste dans l'obscurité.

A la suite d'observations que j'ai faites sur des électrodes de mercure ayant séjourné plusieurs heures dans l'acide chlorhydrique étendu, j'ai été conduit à constater que l'on peut faire des actinomètres avec des électrodes de ce métal, recouvertes de couches très minces des composés tels que Hg^2I^2, Hg^2Br^2, Hg^2Cl^2, Hg^2F^2 et HgS.

---

phone : il reste toujours un bruit faible, mais perceptible. *L'introduction du fil* S *dans l'eau, entre* C *et* C', *est immédiatement indiquée, de la façon la plus nette, par un renforcement considérable de ce bruit.* Mais il serait à craindre que, si le sous-marin arrivait lentement entre C et C', le renforcement se faisant peu à peu, fût beaucoup moins nettement perçu.

[1] Séance du 17 juillet 1922.

On peut préparer des couches sensibles par plusieurs procédés : 1° par attaque directe du mercure par des vapeurs (I, Br, Cl, H^2S, HCl) ou des solutions : les couches les plus sensibles ont été obtenues avec de l'eau de brome et surtout avec une solution alcoolique diluée d'iode.

2° Par des réactions qui mettent en liberté les corps à combiner au mercure : par exemple on peut mettre en liberté l'iode ou le brome dans une solution de KI ou de KBr acidulée par SO^4H^2 et à laquelle on ajoute quelques gouttes d'une solution de $Cr^2O^7K^2$; le mercure est immédiatement attaqué par l'halogène naissant.

3° Par électrolyse. Dans ce dernier cas, on s'arrange pour électrolyser les deux électrodes de la cellule sensible en même temps, dans la même solution et par le même courant. Ainsi on obtient des couches aussi identiques que possible. Les solutions employées sont des solutions $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{4}$ normales de KBr, KCl, NaF. Les courants varient de 5 à 15 milliampères et les temps de 10 à 60 secondes.

Les vases actinométriques que j'ai employés ont la forme en H des éléments étalons. La surface éclairée est environ 5^{cm^2}. La lumière pénètre verticalement de haut en bas et arrive à l'électrode qu'on veut éclairer après avoir traversé 2^{cm} à 3^{cm} d'électrolyte.

La mesure des forces électromotrices se fait à l'aide d'un galvanomètre à cadre mobile sensible (5.10^{-10} ampère donnaient 1^{mm} de l'échelle à $1^m,50$) shunté par une résistance invariable dans son régime d'amortissement critique. L'actinomètre est en dérivation sur une partie de cette résistance. Dans ces conditions on pouvait apprécier une différence de potentiel de $6,6.10^{-6}$ volt. La variation avec le temps de la force électromotrice produite par l'éclairement, lorsqu'on prolonge celui-ci, ne permettant pas d'évaluer les forces électromotrices, par une méthode de zéro, on les détermine (en microvolts) en remplaçant l'actinomètre par un potentiomètre aux bornes duquel on cherche les forces électromotrices qui donnent les mêmes déviations.

Malgré toutes les précautions prises pour avoir des électrodes identiques la cellule présente toujours et surtout au début une petite force électromotrice initiale; pour la réduire on laisse la cellule quelque temps en court circuit.

On pourrait craindre que les radiations calorifiques de la source lumineuse (lampe à mercure dans le quartz) n'échauffent l'électrode et ne faussent les résultats. On vérifie qu'il n'en est rien en éclairant pendant une durée bien plus longue (1-2 minutes) que celle employée pour les mesures (30 secondes) une cellule (Hg — NO^3Hg — Hg) qui n'est pas sensible à la lumière. Dans ces conditions on n'observe aucun déplacement du zéro, tandis qu'une petite différence de température entre les électrodes pro-

duit un déplacement sensible. D'ailleurs dans tous les cas étudiés l'effet dû à la chaleur était de signe contraire à l'effet mesuré.

Durant les mesures il faut évidemment éviter les chocs pour ne pas produire les effets connus dus aux variations de surface du mercure.

Résultats. — Le Tableau suivant montre l'ordre de grandeur des effets observés. Les nombres donnés se rapportent à des couches de faible épaisseur éclairées durant 30 secondes par le rayonnement total d'une lampe à vapeur de mercure fonctionnant sous le régime de 60 watts (20 volts × 3 ampères) et placée à une distance de 40^{cm} de l'électrode.

Électrode de Hg couverte de :	Électrolyte.	Temps depuis la form. de l'élément en heures.	F. é. m. initiale en microvolts.	F. é. m. produite par l'éclairement en microvolts.
Hg^2F^2 (électrolyse sol. conc. NaF).	Sol. conc. NaF	1	178	+ 105
Hg^2Cl^2 (Hg dans HCl)............	HCl 10 %	15	532	+ 33
Hg^2Cl^2 (électrolyse sol. KCl)......	KCl 1/2 norm.	1/2	112	+ 99
»	»	15	105	+ 105
Hg^2Br^2 (électrolyse sol. KBr).....	KBr 1/4 norm.	1/2	250	+ 29
Hg^2Br^2 ($Hg + SO^4H^2 + KBr + Cr^2O^7K^2$)..........	SO^4H^2 10 %	1	237	+ 158
»	»	16	99	+ 198
Hg^2Br^2 (Hg dans eau de brome)...	SO^4H^2 10 %	1/2	132	+ 816
» ...	»	65	59	+1557
Hg^2I^2 ($Hg + SO^4H^2 + KI + Cr^2O^7K^2$)............	SO^4H^2 10 %	1/2	33	+ 165
Hg^2I^2 (Hg dans sol. alcoolique I)..	SO^4H^2 10 %	24	2070	+5520
» ..	»	48	1024	+5865
HgS ($Hg + NaS + SO^4H^2$).......	SO^4H^2 10 %	1/2	1142	— 198
»	»	2	1440	— 577

Il en résulte que la lumière augmente le potentiel des électrodes de mercure couvertes de Hg^2I^2, Hg^2Br^2, Hg^2Cl^2, Hg^2F^2; elle diminue le potentiel d'une électrode de Hg couverte de HgS. La sensibilité de ces électrodes varie lentement après leur formation et reste ensuite constante, elle ne paraît pas dépendre de la faible force électromotrice initiale des éléments.

L'effet de la lumière est instantané. On peut s'en assurer en employant pour la mesure des forces électromotrices produites sur les électrodes les plus sensibles (Hg^2I^2, Hg^2Br^2) un électromètre capillaire.

Le mercure pur (distillé et lavé avant son emploi à l'acide azotique et à l'eau distillée) dans des solutions de SO^4H^2, NO^3H, NO^3Hg, HCl, KCl, $NaCl$, KI et immédiatement après la formation de ces éléments ne montre aucune sensibilité à la lumière. On observe au contraire presque toujours une faible sensibilité quand le mercure n'est pas pur.

Les effets observés semblent dus, au moins en partie, à des modifications chimiques momentanées et réversibles que subissent les électrodes employées. Les sels de mercure sur lesquels ces expériences ont porté sont connus en effet comme subissant des modifications chimiques sous l'influence de la lumière. On connaît en particulier la modification réversible

$$Hg^2Cl^2 \rightleftharpoons HgCl^2, Hg \quad (^1).$$

SPECTROSCOPIE. — *Sur les variations des spectres d'arc du mercure avec les conditions d'émission.* Note de M. **St. Procopiu**, présentée par M. A. de Gramont.

Les spectres d'arc varient moins que les spectres d'étincelle avec les conditions d'émission. Cependant M. A. de Gramont, puis MM. de Gramont et Hemsalech [2] ont attiré l'attention sur les variations qu'éprouvent les spectres d'arc des métaux à point de fusion peu élevé lorsqu'au lieu d'établir l'arc comme d'habitude, entre charbons renfermant des métaux, on l'établit entre les métaux eux-mêmes secs ou mouillés. La différence la plus notable consiste dans l'apparition des raies dites « d'étincelle ».

En étudiant l'arc au mercure dans le vide sous des régimes différents ou dans divers milieux, j'ai trouvé quelques autres différences qui font l'objet de cette Note. Pour l'arc dans le vide, j'ai utilisé une lampe en quartz; pour les autres milieux, l'arc a été établi entre deux tubes concentriques, contenant du mercure et le tube intérieur étant en quartz. Un spectrographe d'Hilger à un prisme Cornu en quartz, m'a permis d'étudier la région 5000-2100 Å.

Résultats. — 1. *Arc dans le vide.* — Si l'on allume l'arc avec 14-15 volts sous 1,9 ampères, il s'éteint après 1 minute environ. Il ne peut plus être rallumé dans les mêmes conditions qu'après refroidissement.

---

(1) J. Pougnet, *C. R.*, 1re série, 1913, p. 348.

(2) A. de Gramont, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 31. — MM. de Gramont et Hemsalech, *Comptes rendus*, t. 175, 1921, p. 278.

Plusieurs rallumages permettent d'obtenir un spectre (temps de pose total 10 minutes environ). On constate qu'il contient plus de raies vers l'extrémité de l'ultraviolet (jusqu'à 2191) sous ce régime d'amorçage (faible densité de vapeur), que si le spectre est celui d'un arc en régime poussé de 65 volts et 3,5 ampères et après 1 ou 2 heures de fonctionnement (5 secondes pose), lorsqu'on a une grande densité de vapeur.

Sous les deux régimes, le spectre cathodique est plus riche en raies que le spectre anodique. Dans le régime poussé, *les raies à la cathode deviennent diffuses* et parfois elles sont noyées dans un spectre continu, ce qui n'arrive pas pour les mêmes raies à l'anode. Ainsi se comportent surtout les raies suivantes : 2253, 2259, 2315, 2323, 2352, 2399, 2478, 2605, 2705, 2865, 3483, 3504, 3520, 3542, 3597, 3650, 3704, 4313, 4436.

2. Si l'arc jaillit dans l'air, sous l'eau et *surtout dans le gaz d'éclairage*, le spectre éprouve d'autres changements. Les raies qui sont affectées d'une manière caractéristique sont les triplets des deux séries secondaires [1].

Les triplets 5460, 4358, 4046 (II série secondaire ou série fine, $m = 1$) 3341, 2893, 2752 (II, $m = 2$) et 3663-3650 (I série secondaire ou série diffuse, $m = 2$) ne sont pas affectés sensiblement.

Les termes d'ordre un peu plus élevé deviennent très élargis et plus faibles, ainsi 3131, 3125, 2967 (I, $m = 2$) 2925, 2576, 2464 (II, $m = 3$); 3027-3021 et 2655-2652 (I, $m = 3$) forment deux bandes faibles. Par exemple les triplets $m = 1, 2, 3$ de la série fine sont élargis dans le rapport 1.1, 1.5 et 2.5 approximativement. En outre, dans un triplet, la raie vers le violet est la plus élargie.

Enfin les derniers termes des séries 2759, 2446, 2345 (II, $m = 4$), 2674, 2379 (II, $m = 5$), 2625, 2340 (II, $m = 6$), 2593 (II, $m = 7$), 2805-2803, 2482, 2378 (I, $m = 4$), 2699, 2399, 2302 (I, $m = 5$), 2352, 2258 (I, $m = 6$), 2323 (I, $m = 7$) disparaissent complètement.

En résumé dans les divers milieux, *les raies des deux séries secondaires éprouvent par rapport aux raies de l'arc dans le vide un affaiblissement et un élargissement qui sont d'autant plus prononcés que le rang de la raie dans la série est plus élevé;* les termes d'ordre 4, 5, 6, 7 disparaissent même complètement.

3. La raie 2537 apparaît fortement renversée dans l'air, l'eau, le gaz et le vide sous le régime poussé. Le renversement est dissymétrique et s'étend

---

[1] Les séries sont données d'après A. Fowler : *Report on series in Line Spectra* (*The Physical Society of London*). Londres 1922.

loin vers le rouge dans le cas de l'air, plus symétrique dans le cas de l'eau. Dans l'air il y a deux zones, celle de l'arc et celle de son auréole; pour cette dernière l'absorption se prolonge loin vers le rouge.

4. Quelques raies deviennent plus puissantes dans les trois milieux. Parmi elles il y a les suivantes : 3881.1, 3860.4, 3790.9, 3770.7, 3577.4, 3559.4 et surtout les raies très fortes 3984, 2857, 2848 et 2224. Les premières forment trois paires à différences de fréquences 138, 138, 141; les deux dernières raies forment la paire bien connue attribuée au Hg^{+}.

5. L'ensemble des faits signalés me paraît pouvoir être rattaché à la théorie de Bohr et à l'effet Stark. D'après la théorie de Bohr, les raies sériées d'ordre élevé sont produites par de grandes orbites : celles-ci ne pourraient se produire que si l'espace disponible entre molécules est suffisant. Cela pourrait se produire dans l'arc dans le vide au moment de l'amorçage, dans une vapeur peu dense, ce qui expliquerait la richesse du spectre dans ce cas. Cela ne pourrait pas se produire dans l'arc poussé ou dans l'arc jaillissant dans une vapeur étrangère qui gênerait la diffusion. Dans ce dernier cas les termes d'ordre élevé des séries doivent disparaître.

Quant à l'élargissement des raies, il pourrait être expliqué par la présence, admise dans des cas analogues par Stark, d'un champ électrique intermoléculaire [1]. Un champ électrique a, en effet, une action d'autant plus grande que le rang de la raie est plus élevé. L'hypothèse du champ intermoléculaire permet d'envisager l'existence d'un voltage suffisant pour la manifestation de l'effet Stark. La même hypothèse peut expliquer l'élargissement des raies à la cathode puisque, en cet endroit, il y a une forte ionisation par choc et, par suite, un fort champ électrique intermoléculaire. Les dissymétries de la raie 2537 peuvent se rattacher à la même hypothèse appliquée à l'absorption.

Une conclusion pratique de ce qui précède est que, pour obtenir les termes qui manquent dans les séries spectrales des métaux, il faut opérer avec l'arc dans le vide et sous le régime le plus faible possible.

---

[1] Dans certains cas, pour le Mg, MM. de Gramont et Hemsalech (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 505) constatent une diffusion, d'une des séries de raies, due au champ électrique *direct* de l'arc.

RADIOACTIVITÉ. — *Détermination de la vitesse des rayons α du polonium.* Note [1] de M[lle] **Irène Curie**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai déterminé directement la vitesse d'émission des rayons α du polonium, afin de la comparer à celle que l'on déduit d'après le parcours des rayons α, par l'application de la loi de Geiger et par comparaison avec la vitesse d'émission des rayons α du RaC, dont la détermination précise a été faite par M. Rutherford [2]. On sait que la loi de Geiger consiste dans la proportionnalité du parcours au cube de la vitesse.

Le polonium utilisé pour ce travail a été d'abord séparé du RaD par électrolyse, ensuite déposé sur une lame d'argent.

La méthode employée pour déterminer la vitesse des rayons α du polonium est celle de la déviation magnétique.

Soient v la vitesse des rayons, R le rayon du cercle qu'ils décrivent dans un champ magnétique uniforme H, normal à la direction de leur vitesse, e et m la charge et la masse d'une particule; on a $\frac{mv}{e} = \mathrm{RH}$ ou $v = \mathrm{RH} \times \frac{e}{m}$.

Le rapport $\frac{e}{m}$ est égal pour les rayons α à $4,824 \times 10^3$ unités E.M.

L'appareil destiné à mesurer la déviation magnétique est une petite chambre de laiton contenant un système de deux fentes F et F′ et une plaque photographique P; les fentes sont exactement parallèles entre elles et parallèles à la plaque P; le plan passant par les fentes est normal à la plaque. La lamelle qui porte le polonium est fixée en dessous de la fente F, très près de celle-ci. La chambre est fermée par un couvercle rodé et munie d'un robinet permettant d'y faire le vide.

Si l'on désigne par a la demi-distance des fentes, par y la moyenne des distances des fentes à la plaque, par x la distance des impressions produites par les rayons α en absence ou en présence du champ, on a, avec une approximation suffisante,

$$\mathrm{R} = \frac{y^2 + x^2 - a^2}{2x}$$

pour le rayon du cercle décrit par les rayons α. Les fentes sont suffisamment fines pour que leur largeur n'intervienne pas dans les calculs.

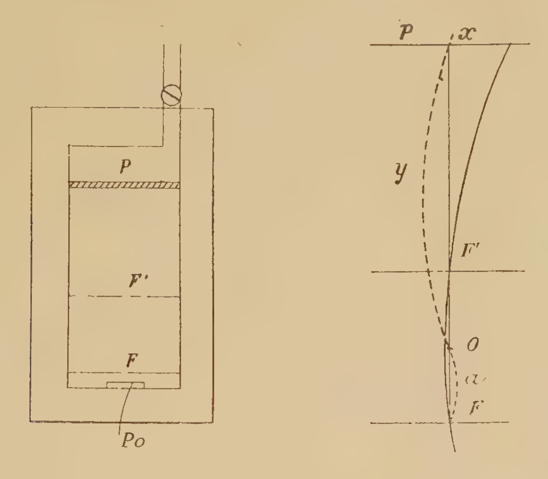
---

[1] Séance du 10 juillet 1922.

[2] Rutherford and Robinson, *Phil. Mag.*, 1914, vol. 2, p. 552 — Geiger, *Zeitschrift für Physik.*, 1922, p. 45.

Les dimensions de l'appareil sont les suivantes : $a = 0^{cm},980$; $y = 3^{cm},987$ ou $y = 4^{cm},892$. Les fentes ont $\frac{5}{100}$ de millimètre de largeur.

La chambre était placée entre les pièces polaires d'un électro-aimant; celles-ci avaient 10^{cm} de diamètre et étaient distantes de $2^{cm},4$. Dans toute la région occupée par la chambre le champ était uniforme avec une grande précision. On faisait une pose sans champ et deux poses dans le champ, avec retournement de la chambre pour obtenir la déviation magnétique dans les deux sens.



Le champ magnétique était mesuré au moyen d'une balance de Cotton et Sève. Il était voisin de 10000 gauss.

Le polonium employé, déposé sur une lame d'argent, occupait une surface de 3^{mm} sur 10^{mm}. Cette lame placée dans une chambre d'ionisation absorbant tous les rayons α produisait un courant de saturation d'environ 3000 ES. Chaque pose durait une demi-heure ou trois quarts d'heure avec des plaques photographiques très sensibles.

Deux plaques ont été faites, à titre de contrôle, avec la lame de polonium activée préalablement dans l'émanation du radium. On obtenait de cette manière sur la plaque les raies dues aux rayons α du radium C, en plus de celles dues aux rayons α du polonium.

Les images obtenues sur la plaque se présentent sous la forme de raies fines dont la largeur, exactement la même pour les rayons déviés et les rayons non déviés, correspond aux dimensions géométriques de l'appareil. La distance des milieux des images a été mesurée avec précision au moyen d'une machine à mesurer les spectres.

L'incertitude la plus importante se rapporte à la mesure de x et du

champ H. Je pense que la précision obtenue sur la vitesse des rayons α du polonium est de 0,2 pour 100 ou 0,3 pour 100. Elle est un peu inférieure sur la vitesse des rayons α du radium C dont la mesure a été faite à titre de contrôle et trouvée concordante à 0,5 pour 100 près avec la valeur indiquée par M. Rutherford.

Chacun des couples de valeurs, x et y, correspondant à une plaque, voici les nombres obtenus :

$H = 10170$ gauss	$y = 3,907$; $x = 0,2308$	$R = 32,47$	$v = 1,593 \times 10^9$
$H = 10090$ gauss	$y = 3,987$; $x = 0,2292$	$R = 32,70$	
	$y = 4,892$; $x = 0,3525$	$R = 32,76$	
	$y = 3,987$; $x = 0,229$	$R = 32,73$	
	$y = 3,987$; $x = 0,2292$	$R = 32,70$	
	$y = 4,894$; $x = 0,3529$	$R = 32,76$	
	En moyenne :	$R = 32,73$;	$v = 1,593 \times 10^9$.

Nombre adopté pour la valeur du produit $\frac{mv}{e}$:

$$3,302 \times 10^5 \text{ EM.}$$

Nombre adopté pour la vitesse d'émission des rayons α du polonium :

$$1,593 \times 10^9 \text{ cm : sec.}$$

Le rapport des vitesses d'émission des rayons α du polonium et du radium C est, d'après cela :

$$\frac{1,593 \times 10^9}{1,922 \times 10^9} = 0,829.$$

Les valeurs les plus récentes des parcours des rayons α indiquées par M. Geiger sont à la température de 15° et à la pression normale :

Polonium	$3^{cm},925$
RaC	$6^{cm},971$

D'où, pour la racine cubique du rapport de ces nombres : 0,826, valeur qui concorde à la précision de 0,36 pour 100 avec celle du rapport des vitesses.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les réactions fournies par le sodammonium avec les carbures d'hydrogène.* Note de MM. **P. Lebeau** et **M. Picon**, présentée par M. A. Haller.

Le sodium, réagissant sous la forme de sodammonium sur les composés organiques, peut se substituer à un autre élément et fournir un dérivé sodé, ou bien, par sa transformation en amidure de sodium, conduire à des réactions d'hydrogénation. Les faits que nous avons observés jusqu'ici nous permettent de définir le rôle du sodammonium vis-à-vis des principales séries de carbures d'hydrogène.

Carbures acycliques. — Les carbures saturés et les carbures éthyléniques ne sont pas attaqués par le sodammonium.

Les carbures acétyléniques vrais donnent des dérivés sodés. L'hydrogène libéré par la substitution du sodium se fixe sur une partie du carbure acétylénique mis en expérience. L'allylène fournit ainsi avec un rendement théorique 66 pour 100 d'allylène sodé et 33 pour 100 de propylène.

Carbures benzéniques. — Le sodammonium ne réagit pas sur le benzène et ses homologues : toluène, cymène. Dans le cas des carbures benzéniques à chaîne latérale, lorsque cette dernière possède une liaison éthylénique contiguë au noyau, la liaison se sature d'hydrogène ; le styrolène fournit ainsi l'éthylbenzène.

Les carbures possédant en chaîne latérale une liaison acétylénique réagissent de la même façon que les carbures acycliques; le phénylacétylène donne un dérivé sodé et de l'éthylbenzène.

Carbures terpéniques. — Le terpinène, le terpinolène, le carvène, la térébène, le pinène α et le menthène sont restés inaltérés en présence du sodammonium.

Carbures polycycliques. — De nombreux carbures sont attaqués dans cette série. Les uns subissent seulement l'hydrogénation de certaines liaisons non saturées; d'autres donnent en même temps des dérivés sodés de substitution.

1° Le stilbène dont les deux noyaux benzéniques sont réunis par une chaîne latérale avec une liaison éthylénique donne un dihydrure aux dépens de cette liaison, les noyaux benzéniques eux-mêmes restant intacts. On peut rapprocher de cet exemple celui de l'anthracène qui fournit également un dihydrure.

2° Pour les carbures dont les noyaux possèdent deux atomes de carbone

communs, l'hydrogénation se porte sur l'un des noyaux, laissant subsister toujours un noyau benzénique inattaqué. La naphtaline, l'acénaphtène, le phénanthrène donnent les tétrahydrures correspondants.

3° Les carbures dont les noyaux benzéniques sont rattachés directement par deux de leurs atomes de carbone fournissent aussi des tétrahydrures, l'un des noyaux benzéniques restant encore inattaqué. Le diphényle, par exemple, donne un tétrahydrure alors que le diphényléthane symétrique et le dihydrure d'anthracène ne sont pas hydrogénés. Le diméthylfluorène se transforme aussi en tétrahydrure.

4° Certains carbures, grâce à la présence d'un radical CH^2 à caractère acide, donnent des dérivés sodés : par exemple, le fluorène et l'indène. L'hydrogène libéré sature plus ou moins complètement une partie du carbure mis en expérience; le dérivé sodé lui-même restant stable et n'étant pas hydrogéné.

Le mécanisme des hydrogénations fournies par le sodammonium s'explique par la formation d'amidure de sodium. On peut par exemple représenter l'hydrogénation de l'anthracène par l'équation suivante :

$$C^{14}H^{10} + N^2H^6Na^2 = C^{14}H^{12} + 2\,NH^2Na.$$

En réalité, la réaction est plus complexe. Quand on met en présence du sodammonium la naphtaline, l'anthracène, l'acénaphtène, le phénanthrène, la formation d'amidure, composé blanc dont la présence est facile à constater, n'est pas instantanée; ce n'est que vers $-10°$ qu'elle se produit. Si la température reste au voisinage de $-40°$, on observe que la teinte bleue du sodammonium disparaît et fait place à une magnifique coloration rouge. Celle-ci persiste, même pour un excès notable de sodium, et la naphtaline, peu soluble dans l'ammoniac liquide, se dissout facilement dans cette solution rouge. La même solution rouge dans l'ammoniac liquide est, dans les conditions de l'expérience, miscible à l'éther, alors que le sodammonium y est insoluble et l'ammoniac liquide peu soluble. On peut expliquer ces faits en admettant, comme terme de passage, la formation d'un dérivé sodé ammoniacal se transformant ultérieurement avec production d'amidure de sodium et de carbure hydrogéné. Nous avons mis en évidence l'existence d'un tel dérivé sodé dans le cas de la naphtaline en faisant réagir le bromure d'éthyle sur la solution rouge, ce qui a donné lieu à la formation d'une éthylnaphtaline.

M. Haller (¹) dans la préparation des cétones sodées au moyen de l'ami-

(¹) A. Haller, *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. 28, 1913, p. 385.

dure de sodium et de la benzine a noté que le dérivé sodé est assez soluble dans la benzine et que l'ammoniac devant se libérer est partiellement retenu. Schlenk (¹) et ses collaborateurs en 1914 ont isolé des dérivés sodés d'addition de couleur brun violet foncée en traitant des carbures cycliques en solution éthérée par du sodium pulvérisé. Ces faits sont à rapprocher de notre observation.

Schluback (²) en 1915 a proposé de préparer les composés sodés obtenus par Schlenk au moyen d'une solution ammoniacale de sodammonium et d'une solution éthérée du composé organique. Puis il déclare, sans relater aucune expérience nouvelle, qu'il est vraisemblable que dans le cas de l'hydrogénation des carbures tels que la naphtaline par le sodammonium, il se forme d'abord un composé d'addition sodé qui se décompose ensuite par l'humidité et fournit ainsi un carbure hydrogéné. En outre, il mentionne que l'hydrogène libéré par la transformation du sodammonium en amidure peut aussi donner naissance à des composés plus hydrogénés.

Nous ne pouvons admettre avec cet auteur la formation d'hydrures par l'action de l'humidité sur les dérivés sodés. L'humidité ne peut intervenir dans nos expériences faites à l'abri de l'air et dans un milieu où préexistait le sodammonium.

L'hydrogénation des carbures est donc le terme final d'un ensemble de réactions dans lesquelles interviennent tout d'abord la formation de dérivés sodés se transformant déjà vers —10° en amidure de sodium et carbures hydrogénés.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la chute des poussières dites « pluies de sang »; remarque relative à la neige colorée du 12 mars 1922 en Briançonnais.* Note de M. **Octave Mengel**, présentée par M. Bigourdan.

Les *Comptes rendus* mentionnent une série déjà longue de pluies de poussières et de neiges colorées. La dernière en date est une neige colorée tombée en Briançonnais le 12 mars 1922. L'analyse minéralogique a révélé qu'il s'agissait d'une poudre ocreuse provenant vraisemblablement d'une région du Vaucluse où des terrains ocreux sont exploités industriellement. « Toute

(¹) Schlenk, Appenrodt, *Ber. der deutsch. chem. Gesell.*, t. 47, 1914, p. 473 et 1664.

(²) Schlubach, *Ber. der deutsch. chem. Gesell.*, t. 48, 1915, p. 12.

hypothèse à cet égard, ont la précaution d'ajouter les auteurs de la Note, peut être infirmée ou confirmée par les renseignements météorologiques généraux. »

L'étude que je viens de faire à ce propos de la situation générale de l'atmosphère au début de mars, et sa comparaison avec des situations antérieures correspondant à des chutes de poussières minérales, m'a conduit à faire ressortir le bien-fondé de l'origine saharienne de la poussière ocreuse du Briançonnais envisagée tout d'abord par MM. Pons et Remy.

Les chutes de poussières terrestres qui intéressent l'Europe peuvent se classer en trois catégories : 1° celles qui couvrent le sol de projections ou de cendres volcaniques et qu'on observe en toute saison; 2° celles qui donnent des débris organiques ou minéraux variés : pollen (1887, 7 mai, Cahors, en provenance des Landes), feuilles, insectes, crapauds, matières charbonneuses, algues rouges (1860, 31 décembre, Sienne; 1852, août, Reims), sable de plage, pierraille (1887, 7 mai, Cahors en provenance de Château-Landon à 150^{km}), etc.; ces chutes se produisent surtout à l'époque des cyclones orageux d'été; 3° les chutes de poussière fine, de couleur brun canelle à rouge brique et à teneur à peu près constante en silice-alumine (0,50 à 0,60), en carbonate de chaux (0,22 à 0,31), en oxyde de fer (0,11 à 0,03); ces chutes, avec ou sans météores aqueux, se produisent *uniquement* aux périodes des équinoxes et plus particulièrement à la période des vents cycloniques du printemps, de janvier à mai, avec maximum en mars.

D'après Ehrenberg, Fournet et Tarry, ces premières proviendraient des déserts africains, de l'Inde, voire même de l'Amérique du Sud (1846, 16 octobre, Drôme, d'après nuages *étiquetés* d'Ehrenberg!). Il me semble plus rationnel de n'attribuer aux poussières minérales qui tombent sur l'Europe que deux provenances : d'une part, les déserts du Sahara et de Lybie pour toutes celles qui affectent les bords du bassin méditerranéen; d'autre part, les steppes du sud de la Russie et de la Turquie d'Asie pour celles qui tombent en Pologne, Allemagne et Norvège. Il est bon de remarquer que le soulèvement du sable ou du lœss ne nécessite pas une forte perturbation atmosphérique. Il n'est souvent dû, en Abyssinie, comme dans les steppes du nord de la mer Noire, qu'à des tourbillons diurnes locaux, qui dépendent généralement de l'approche des dépressions secondaires. Il suffit que ces très fines poussières, une fois en moyenne altitude, entrent dans le champ d'une aire cyclonique principale pour être entraînées par elle sur des régions fort éloignées.

L'étude rétrospective que j'ai faite a porté sur les chutes qui m'ont permis la plus

large documentation. A fin de contrôle, je signalerai les suivantes : 1841, 17 février, pluie de sang en Roussillon. — 1846, 16 mai, Bône à Alger; 17 octobre, Drôme. — 1863, 1er mai, Gênes, Roussillon, Ariège. — 1867, 15 janvier, versant NW des Alpes. — 1870, 14 février, Rome, Gênes. — 1880, 10 avril, Sicile; 15 avril, Autun; 21 au 25 avril, Barcelonnette. — 1889, 7 mars, Alexandrie, Grèce, Adriatique; 13 mai, Calvi, précédée le 12 d'une tempête de sable à Biskra. — 1896, 4 novembre, Bizerte (pluie rouge); 7-8 novembre, Le Croisic (pluie rose).

La situation atmosphérique qui a conduit à ces diverses chutes est caractérisée par l'apparition d'une aire cyclonique sur les Iles Britanniques avec formation d'une dépression secondaire sur la Méditerranée occidentale. Cette dépression satellite, commandant au sud de l'Algérie des vents du SW tournant suivant la loi de Buys-Ballot au S et au SE, des côtes de Tunisie au nord de l'Italie. Dans la plupart des cas, la trajectoire des poussières semble avoir pour projection en plan une S orientée sensiblement nord-sud, et dont la boucle méridionale entoure par l'est la dépression secondaire, tandis que la boucle septentrionale s'infléchit au sud-ouest de l'aire cyclonique principale qui se déplace, elle, de l'ouest à l'est. Il en résulte, suivant les positions respectives des deux dépressions, que dans son trajet le complexe poussiéreux éprouve une inflexion vers le nord-ouest qui explique que la Catalogne, le Languedoc et les Cévennes puissent être touchés par les poussières venant du Sahara, avant la région alpine septentrionale. A noter également, — fait observé dans les Alpes par Saussure dès 1760, et confirmé en particulier par les chutes de 1863 dans les Pyrénées-Orientales, de 1922 dans les Alpes, — que les nuages à poussières ne dépassent guère l'altitude de 2800^{m}, celle des alto-stratus.

Voici, d'après les cartes synoptiques de l'Office national météorologique, complétées par les données des sondages dans le bassin du Rhône, et les renseignements de M. Baldit pour la région lyonnaise, quelle était la situation en mars 1922. Le 7 mars, une dépression apparaît entre l'Islande et l'Irlande. Le 8, elle couvre les Iles Britanniques. Du 8 au 9, elle se déplace rapidement vers la Baltique, créant sur le bord sud de son sillage en éventail une ligne de vents à intensité croissante du sud au nord, suivant l'S dont je viens de parler; la boucle méridionale de cette S amorçant un remous où va, comme d'ordinaire entre les isobares 760 en 765, se creuser, sur les Baléares, une dépression secondaire donnant en Afrique le siroco, sur le golfe du Lion du SE et dans la région lyonnaise des vents pluvieux du SW. Le siroco, qui s'était levé le 9 après une longue période de calme et de sécheresse, prend de la force le 10. D'autre part, dans la vallée du Rhône, au cours de l'après-midi du 10, au régime de vents d'WNW tournant en

altitude au SW succèdent des vents d'entre S à NNE tournant en altitude à des vents du SE. J'ajouterai qu'à Apt, dans la région des ocres, d'après renseignements de M. le directeur de la station météorologique, il plut dans la nuit du 9 au 10 et le vent d'ouest faible qui régnait jusqu'alors passa, du 10 au 11, au sud-est en prenant de la force, pour dégénérer seulement le 13 en tempête.

Ces détails, dont le développement ne peut trouver place ici, suffisent, il me semble, pour infirmer l'hypothèse d'une provenance régionale des poussières ocreuses et confirmer au contraire celle d'un apport saharien à laquelle une analyse chimique plus détaillée aurait, sans aucun doute, conduit MM. Pons et Remy.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'utilisation des substances ternaires dans la croissance de l'*Aspergillus niger. Note de MM. **Émile F. Terroine** et **René Wurmser**, présentée par M. Guignard.

Nous avons, dans une Note récente [1], déterminé le rendement énergétique dans la croissance de l'*Aspergillus niger*. Les résultats que nous allons exposer concernent cette fois le rapport d'utilisation matérielle, c'est-à-dire le rapport du poids sec de mycélium formé au poids de substance ternaire qui disparaît au cours de la croissance pour fournir le carbone et l'énergie nécessaire aux synthèses. Le rendement matériel doit être déterminé comme le rendement énergétique en tenant compte des besoins d'entretien de l'organisme. On doit défalquer de la quantité totale de substance ternaire disparue la fraction correspondant à l'entretien du mycélium (vie sans croissance). Cependant si, dans toutes les expériences, les vitesses de développement sont très voisines, on peut admettre que les valeurs de l'énergie d'entretien le sont également, et la simple comparaison des rapports d'utilisation fournit des indications importantes. Cette condition est réalisée dans les recherches suivantes, où nous avons étudié :

1° Si des différences dans la constitution de l'aliment hydrocarboné, dans un milieu identique par ailleurs, entraînent des variations du rapport d'utilisation;

2° Si des différences dans la nature de l'aliment azoté et sa concentra-

---

(1) *Le rendement énergétique dans la croissance de l'*Aspergillus niger (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1435).

tion, toutes autres conditions étant identiques, entraînent des variations de ce rapport.

La technique est la même que celle déjà décrite [1]. Le milieu salin est celui indiqué par Czapek, $P_H = 5$. Le Tableau ci-dessous donne les valeurs moyennes du rapport d'utilisation dans les différents cas étudiés.

Nature de l'aliment hydrocarboné
(source d'azote : sulfate d'ammoniaque 5 pour 1000).

Glucose	0,42
Lévulose	0,46
Saccharose	0,41
Maltose	0,43
Arabinose	0,41
Xylose	0,44

Concentration en aliment azoté $(NH^4)^2SO^4$
(source de carbone : glucose 30 pour 1000).

5 pour 1000	0,42
10 »	0,43
20 »	0,45
40 »	0,41

Nature de l'aliment azoté
(source de carbone : glucose 30 pour 1000).

Sulfate d'ammoniaque	0,42
Urée	0,44
Guanidine	0,39
Nitrate d'ammoniaque	0,42
Nitrate de soude	0,34
Nitrate d'alumine	0,35
Acide nitrique	0,46

1° On voit que l'*Aspergillus niger* manifeste une indifférence complète, quant au rendement matériel de ses processus de croissance, vis-à-vis des différences de composition ou de structure des divers sucres étudiés. Il ne manifeste pas non plus de préférence qualitative; dans tous les cas étudiés, le développement se poursuit sensiblement avec la même vitesse;

2° La concentration de l'aliment azoté, même lorsqu'elle varie dans la proportion de 1 à 8 (5 à 40 pour 1000) n'influe en rien sur la valeur du rapport d'utilisation;

---

(1) *Influence de la température sur l'utilisation du glucose dans le développement de l'*Aspergillus niger (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 482).

3° La nature de la source d'azote a une influence très nette. Les aliments azotés se répartissent en deux groupes. Un premier groupe comprend le sulfate d'ammoniaque, la guanidine, l'urée, le nitrate d'ammoniaque, l'acide nitrique. Un second groupe, renfermant les nitrates de soude et d'alumine, est caractérisé par un rapport d'utilisation plus faible. Il est remarquable que l'acide nitrique constitue un excellent aliment azoté : au fur et à mesure que dans un milieu contenant du nitrate de soude, on ajoute de l'acide sulfurique, le rapport d'utilisation s'élève comme le montrent les chiffres suivants :

Acidité du milieu......	$P_H = 7$	6	5	4	3	1,7	1,3
Rapport d'utilisation...	0,33	0,33	0,32	0,35	0,37	0,39	0,43

Comme dans toutes les expériences, la source de carbone est toujours du glucose ou tout au moins un sucre, sa combustion fournit des quantités comparables d'énergie, et l'identité du rapport d'utilisation pour tous les sucres étudiés prouve que l'énergie nécessaire pour l'édification du mycélium, c'est-à-dire l'énergie de synthèse, ne dépend pas de la composition ni de la structure du sucre. L'énergie de synthèse correspondant à la formation du mycélium aux dépens de l'azote des nitrates est plus grande que celle correspondant à sa formation à partir de l'azote ammoniacal, de la guanidine, de l'urée, et de l'acide azotique.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Hérédité des caractères physiologiques chez les hybrides d'Orges (deuxième génération).* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

L'étude des hybrides de première génération entre espèces d'Orges différant par la compacité des épis ou par la sexualité des épillets latéraux m'a permis d'affirmer que les caractères physiologiques n'obéissent pas, dans leur transmission, aux règles de Mendel. La deuxième génération, spécialement celle issue de *Hordeum nudum* × *H. trifurcatum*, confirme et précise la réfutation que j'ai donnée aux conceptions théoriques des néo-mendéliens [1].

Hordeum nudum L. et *H. trifurcatum* Schlecht. sont des espèces bien caractérisées et tout à fait stables; elles présentent les grains nus, les

---

[1] *Hérédité des caractères physiologiques chez les hybrides d'orges* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1396).

chaumes épais, les feuilles larges et une grande précocité, particularités qui les séparent des autres espèces du genre; elles diffèrent : 1° par la forme des barbes, en capuzes sessiles chez *trifurcatum*, longues de 15cm et rugueuses chez *nudum;* 2° par la sexualité des épillets latéraux, fertiles, chez *trifurcatum*, rudimentaires et à organes sexuels avortés chez *nudum;* 3° par la compacité des épis, élevée (40) chez *trifurcatum*, très faible (23) chez *nudum*.

1° *Barbes et capuzes*. — En F_1, les 12 hybrides issus d'un même croisement ont des capuzes, non plus sessiles mais portées sur des barbes de 5mm à 8mm; les épillets latéraux n'ont ni barbe, ni capuze, mais leur glumelle externe s'effile en pointe allongée. Les descendants F_2, au nombre de 172, se répartissent en 123 à capuzes et 49 à barbes (soit 2,85 : 1 différant notablement de la proportion mendélienne 3 : 1). De plus, la longueur de l'appendice qui porte la capuze varie selon les individus; il y en a de 5, de 10, de 15 et même de 25mm; les capuzes sessiles sont observées seulement sur les épis à six rangs, du type *trifurcatum* paternel. A ces détails près, on peut admettre avec Biffen (1907) que la capuze domine la barbe et forme un couple simple avec elle.

2° *Sexualité des épillets latéraux*. — En F_1, les 12 hybrides présentent la *sexualité intermédiaire;* les épillets latéraux sont partiellement fertiles et leur fertilité est en relation directe avec la vigueur des chaumes et leur position sur l'épi. En F_2, j'observe la même sexualité intermédiaire sur le quart des descendants; en groupant les plantes selon qu'elles portent des capuzes ou des barbes, je note :

F_2. *Disjonction* nudum × trifurcatum.

	Plantes à		
	2 rangs.	intermédiaires.	6 rangs.
Plantes à *capuzes* (123).....	48	36	39
» à *barbes* (49).......	26	6	17

Il apparaît *une liaison entre la sexualité intermédiaire et la présence des capuzes;* ces deux groupes de caractères ne sont pas indépendants au sens de Mendel.

D'ailleurs, les plantes intermédiaires sont tardives et à tallage élevé; fréquemment (au moins 7 plantes), elles fournissent des *mosaïques des caractères sexuels* des parents avec portions d'épis à deux rangs, portions d'épis à six rangs; les passages sont accompagnés de déviations dans la structure des rachis et d'avortements localisés comme j'en ai décrit dans les croise-

ments entre *Hordeum tetrastichum* et *H. distichum* [1]. Alors que les retours complets aux épis à deux rangs ou aux épis à six rangs sont toujours nettement caractérisés, les mosaïques sexuelles ne s'observent que sur les plantes à sexualité intermédiaire du type F_1; une seule plante F_2 m'avait paru douteuse dans un premier classement; elle portait 15 talles et les six premiers donnaient nettement six rangs *trifurcatum;* les derniers étaient plutôt, par leur faciès général, du type sexualité intermédiaire; l'examen au microscope binoculaire des organes sexuels de ces épis me prouve qu'ils étaient bien formés, mais trop peu nourris pour évoluer; les capuzes de ces épillets latéraux, fortement réduites, étaient cependant toujours esquissées par un bourrelet géniculé à la pointe de la glumelle externe.

3° *Compacité des épis et proliférations.* — En F_1, la compacité des épis oscille entre 27 et 31, moyenne entre les compacités des parents 23 et 40; par contre F_2 donne des variations très étendues entre 20 et 45. On constate de suite que la forte compacité est liée à la fertilité totale des épillets latéraux; les mesures précisent la relation :

Compacités........	20		22		24		26		28		30		32		34		36		38		40		42		44		46
F_2 2 rangs.......		2		3		7		14		19		11		5		6		4		3							
» intermédiaires.		2		1		3		6		7		10		4		5		1		2		1					
» 6 rangs.......						1		0		1		8		7		8		15		10		2		3		1	

La condensation de l'épi est une tendance à la fascie; il s'y superpose fréquemment des torsions de rachis et des proliférations d'épillets dont les axes s'épaississent et portent 2, 3, jusqu'à 6 fleurs fertiles. Parfois les glumelles se soudent, portent des barbes ou des capuzes doubles, et même, les fleurs à ovaires multiples, les grains soudés par deux, trois et davantage ne sont pas rares; or, ce sont des anomalies de croissance tout à fait exceptionnelles dans le genre *Hordeum* (signalé par Förster, 1890); je les ai rencontrées à la fois sur les descendants à barbes et sur les descendants à capuzes; elles sont comparables aux fascies, ascidies et pélories des hybrides interspécifiques (*Digitalis*, *Linaria*, etc.).

Il résulte de ces observations que, si les caractères ornementaux et superficiels (barbes) suivent dans leur transmission à peu près les règles mendéliennes, les caractères essentiels de la sexualité des épillets, de leur condensation sont, au contraire, sous la dépendance directe des facteurs de la croissance et, en définitive, de l'agencement cellulaire qui, lui, est une mosaïque. Or *ces caractères physiologiques sont précisément ceux qui déterminent les rendements élevés*. La sélection des variétés à hauts rendements, même à la suite d'hybridations, me paraît, pour cette raison, très différente de la ségrégation des caractères tels que la conçoivent les néomendéliens.

---

[1] *Sur l'hérédité en mosaïque* (*Quatrième Conférence internationale de Génétique*, Paris, 1911, p. 101 et suiv.).

BOTANIQUE. — *La théorie du mériphyte devant les phénomènes de l'ontogénie vasculaire.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. L. Mangin.

En 1913, dans mes recherches sur le développement de la plantule du Lupin ([1]), j'ai établi que son système vasculaire suivait la loi des trois phases, alterne intermédiaire superposée, qu'a découverte M. G. Chauveaud. Il en résultait donc, même pour cette plante où l'unité de l'appareil conducteur était constatée, qu'on ne pouvait plus soutenir le passage de la tige à la racine par la rotation des faisceaux ou par un raccord et qu'on devait cesser de confondre entre elles, sous les termes de *protoxylème* et de *métaxylème*, des formations vasculaires qui, malgré leurs caractères histologiques analogues, n'en différaient pas moins d'une façon capitale par leur origine méristématique, par leur âge et par le sens inverse de leur différenciation ([1]).

Aujourd'hui, pour prouver l'excellence d'une théorie générale de la constitution des plantes vasculaires, celle du mériphyte, en ne s'appuyant que sur une seule espèce de plante ([2]), la mercuriale, on vient nier d'abord l'existence de l'évolution vasculaire dont l'exactitude a déjà été vérifiée par de nombreux observateurs sur des milliers d'espèces de plantules, puis, sans tenir compte de mon ancien travail dont les résultats seraient ainsi contestés, on énonce les propositions suivantes :

1° L'étude anatomique et *ontogénique comparée* de la base du faisceau médian dans les cotylédons et l'hypocotyle révèle une organisation libéroligneuse identique dans ses traits principaux, à celle du faisceau médian des feuilles végétatives.

2° Les ramifications dichotomes du faisceau médian de certaines feuilles cotylédonaires (Mercuriale, Radis, *Escholtzia*) auxquelles on doit appliquer la loi biogénétique de Serres sont les seules parties de la plantule à nous montrer une disposition ancestrale primitive qui rappelle ici les traces des anciens cauloïdes mériphytaires.

Ainsi que nous allons le démontrer, ces affirmations hasardées contraires aux faits sont encore le résultat de l'application à l'étude de l'ontogénie de la méthode de l'anatomie statique dont nous avons signalé les graves inconvénients ([3]).

([1]) Paul Becquerel, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 807.

([2]) Paul Bugnon, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 954, 484, 1194.

([3]) Paul Becquerel, *Bulletin de la Société botanique de France*, t. 60, 1913,

En effet, si l'on veut connaître sans faire des hypothèses ni des interprétations arbitraires, la véritable signification de la structure de l'appareil conducteur d'une espèce déterminée il faut changer de méthode de travail.

Ce ne sont pas quelques coupes longitudinales ou transversales exécutées dans un échantillon d'un âge quelconque qu'il faut examiner, comme l'a fait l'auteur des propositions précitées, mais toutes les coupes transversales d'un nombre suffisant de plantules de tous les âges arrêtées systématiquement à tous les stades de leur développement, depuis leur début jusqu'à l'état adulte, de telle manière que l'on puisse observer par comparaison dans l'espace et dans le temps, sans qu'il y ait de lacunes, l'origine et la différenciation des appareils et des organes. Avec cette méthode d'une grande précision, appelée la « méthode d'anatomie dynamique » qui a déjà enrichi l'anatomie végétale d'importantes découvertes, tous les anatomistes constateront les faits suivants :

1° Les phénomènes des trois phases de l'évolution vasculaire se retrouvent intégralement dans l'ontogénie de la plantule du Lupin comme dans celle de la Mercuriale. Ils sont l'expression exacte de la loi de l'évolution vasculaire qui ne comporte aucune part d'hypothèse, ni d'interprétation.

2° Ces phénomènes de différenciation vasculaire *n'ont aucune relation* avec les phénomènes secondaires postérieurs de l'accroissement intercalaire survenant après coup, et que l'on invoque à tort pour supprimer la loi de l'évolution vasculaire. *Il n'y a donc pas lieu de persister à confondre l'accélération basifuge dans la marche de la différenciation vasculaire avec un phénomène mécanique d'élongation de vaisseaux déjà différenciés qui n'a même pas le mérite d'expliquer leur cytolyse.*

3° En comparant les coupes transversales des feuilles végétatives avec celles pratiquées à la base des cotylédons et de l'axe hypocotylé dans les plantules de Mercuriale et du Lupin *aux divers stades de leur développement* on voit que le faisceau ligneux médian de la base du cotylédon qui est continué dans l'axe hypocotylé et même dans la racine avec des vaisseaux *successivement alternes centripètes, intermédiaires, et centrifuges superposés au liber*, n'a pas une organisation identique dans ses traits principaux à celle du faisceau médian d'une feuille végétative quelconque, puisque ce dernier, *à n'importe quel moment de son existence*, ne comprend plus, *au lieu de trois, qu'une seule catégorie de vaisseaux*, des vaisseaux toujours superposés au liber, résultat du fonctionnement d'une assise génératrice.

4° Les coupes pratiquées dans les ramifications dichotomes des nervures des cotylédons (Mercuriale, Radis, Escholtzia) montrent, dès le début de

leur formation et pendant toute leur durée, que leur faisceau ligneux ne contient aussi que des vaisseaux superposés au liber.

En raison de la tachygenèse, parce qu'ils sont produits indirectement après la différenciation préalable d'une formation procambiale secondaire, ces vaisseaux n'appartiennent qu'à la dernière phase de l'évolution vasculaire. Ontogéniquement ces vaisseaux sont donc postérieurs *aux vaisseaux intermédiaires et aux vaisseaux alternes centripètes* des deux premières phases qui proviennent directement de la différenciation d'un méristème primaire.

Dans ces conditions, les nervures dichotomes présentant la structure vasculaire superposée la plus récente, la plus évoluée, se trouvent dans l'impossibilité de nous apporter la disposition ancestrale la plus ancienne. *Pour l'admettre il faudrait faire de l'ontogénie vasculaire à l'envers.*

Ces résultats ne nous surprennent pas, car nous pouvions déjà prévoir, en assistant à la formation progressive des nervures dans les premières phyllorhizes, que les nervures dichotomes ne sont pas les plus primitives.

Lorsqu'on s'adresse à des plantules à embryogénie peu condensée, on constate dans tous les groupes des plantes vasculaires, Fougères, Gymnospermes, Monocotylédones et Dicotylédones, que la première nervure, à son début, est toujours simple.

C'est ce que nous montrent les descriptions précises qu'en donnent, dans leurs Ouvrages, Sir John Lubbock et Gustave Chauveaud ([1]).

Ainsi s'écroulent, devant une ontogénie vasculaire bien observée, les nouvelles preuves qu'on a cru pouvoir apporter en faveur de cette singulière théorie du mériphyte selon laquelle le corps des plantes vasculaires proviendrait de la transformation en feuilles, en tige, en racines, des rameaux dichotomes (cauloïdes mériphytiques) du thalle d'une prohépatique imaginaire qui se serait vascularisée. Pour expliquer la plante vasculaire, depuis l'admirable découverte de sa constitution phyllorhizaire révélée par l'anatomie dynamique, il n'est plus besoin de faire du roman puisqu'il est facile de suivre, sans inventer aucune hypothèse, à partir du massif initial de l'œuf, la formation complexe de son corps et de son appareil conducteur général, plantule élémentaire par plantule élémentaire de plus en plus évoluée, unissant entre elles leur appareil conducteur particulier ([2]).

([1]) Sir JOHN LUBBOCK, *Knowledge of Seedlings*, London, 1892.

([2]) GUSTAVE CHAUVEAUD, *La constitution des plantes vasculaires*, Payot, 1921.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Notion de « seuil différentiel » et masculinisation progressive de certaines femelles d'oiseaux* ([1]). Note de M. A. **Pézard**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'apparition du plumage mâle, chez certaines femelles d'oiseaux, a de tout temps frappé les observateurs et la littérature scientifique renferme une foule de monographies relatives à des cas minutieusement décrits. Le plus souvent, les auteurs ont constaté que l'anomalie coïncide avec une atrophie sénile ou avec une destruction pathologique de l'ovaire. Ayant établi expérimentalement que l'ovariectomie fait apparaître, chez les Gallinacés, le plumage du mâle, nous sommes en droit de conclure que la masculinisation du plumage, chez les femelles d'oiseaux, est bien due à la suppression de l'influence hormonique ovarienne.

Il reste à expliquer, par le même mécanisme humoral, les faits, plus exceptionnels, de masculinisation progressive, signalés par quelques bons observateurs (Is. Geoffroy Saint-Hilaire, Hamilton, Bond, Homeyer, Debreuil, etc.). La possibilité d'un tel phénomène est en apparence contradictoire avec la loi du « tout ou rien » que nous avons énoncée au sujet des Gallinacés. En réalité, la notion de « seuil différentiel » que nous avons posée récemment, implicitement vérifiée par Knud Sand chez les Mammifères, par Aron chez les tritons, fournit à ce sujet une interprétation claire, applicable même à des modalités inattendues de l'arrhénoïdie partielle.

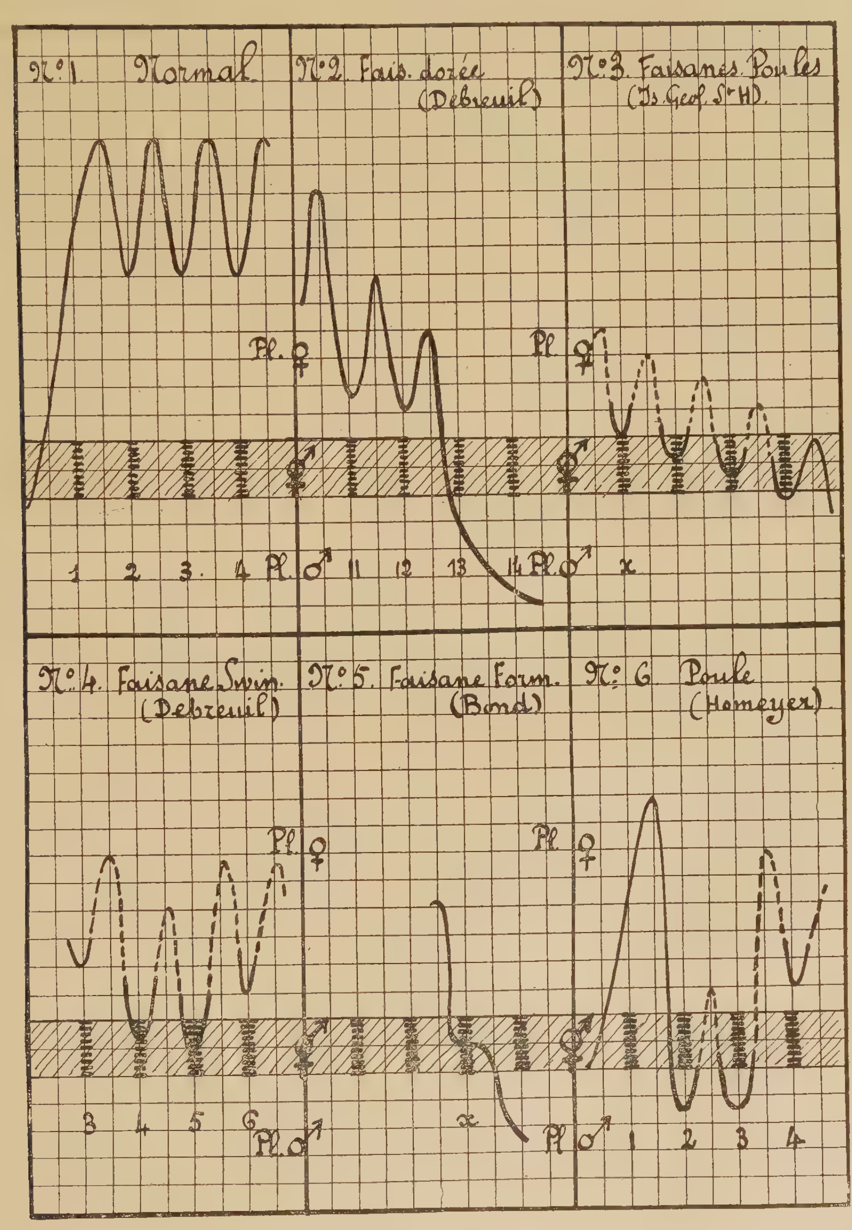
Principe du seuil différentiel appliqué au plumage des Gallinacés. — L'action empêchante de l'ovaire sur le plumage exige un certain minimum de tissu endocrinien. Si l'ovaire le réalise au moment de la mue, on observe une dissociation du plumage, d'où il résulte que le minimum empêchant n'est pas exactement le même pour toutes les régions cutanées. Celles pour lesquelles le seuil est dépassé, si menue que soit la différence, acquièrent intégralement le plumage femelle; celles pour lesquelles le seuil n'est pas atteint, si proche que l'ovaire en soit, prennent intégralement le plumage mâle.

Application. — Mieux que tout raisonnement, la figure ci-contre précise la situation relative de l'ovaire et des seuils différentiels dans les cas les

---

([1]) Note de M. A. Pézard, *Comptes rendus*, 12 juin 1922, page 1574, ligne 7, *lire* minimum efficace, *au lieu de* minimum Micau.

plus typiques. Les abscisses représentent les temps (en années), chaque période commençant, non en janvier, mais à la mue qui, dans nos régions, se produit habituellement à la fin de l'été. En ordonnées, nous avons



Graphiques relatifs à divers cas de masculinisation de plumage chez des femelles d'oiseaux
(Pour l'explication, voir le texte.)

figuré : 1° les seuils différentiels relatifs aux différentes régions du plumage (pointillé vertical); 2° la courbe saisonnière de l'ovaire (trait plus ou moins continu).

En ce qui concerne les seuils différentiels, la représentation est schématique, chaque sujet ayant une répartition propre. Nous sommes en mesure d'affirmer, toutefois, que le seuil différentiel du camail est toujours différent de celui des lancettes et des faucilles. D'autre part, nous n'avons pas pour les seuils tracé de lignes continues parce que le plumage est sensible à l'action de l'ovaire au moment de la mue seulement. Enfin, plusieurs faits d'observation nous incitent à admettre la constance des seuils lors des différentes mues, mais nous ne considérons pas cette constance comme générale en sexualité.

1. *Cas normal.* — L'ovaire est toujours éloigné des seuils et au-dessus : plumage femelle.

2. *Faisane dorée observée par Debreuil.* — Masculinisation totale à 13 ans, après une dernière ponte. A l'autopsie, simple trace ovarienne. Ovaire au-dessous des seuils : plumage mâle.

3. *Masculinisation progressive*, signalée par Is. Geoffroy Saint-Hilaire (faisane), Yarrel (poule de combat), Hamilton (poule de bruyère). L'ovaire, lors des mues successives, franchit une série croissante de seuils. La figure est exactement d'accord avec le fait, exprimé par les auteurs, que « *plus grande est la destruction pathologique des organes génitaux et plus le plumage de la femelle peut ressembler à celui du mâle* ».

4 et 6. *Masculinisation suivie de retour au plumage femelle.* — 4. Faisane de Swinhoë décrite par Debreuil : masculinisation partielle à la 4e et à la 5e mue. Retour au plumage femelle à la 6e. — 6. Poule décrite par Homeyer : plumage mâle à la 2e et à la 3e mue; plumage femelle à la 4e. Fléchissement, puis reprise de l'ovaire dans les deux cas.

5. *Gynandromorphisme biparti.* — Faisane de Formose décrite par C.-J. Bond. Côté gauche : plumage mâle; côté droit : plumage femelle. A l'autopsie, Bond constate la présence, à gauche, d'un ovario-testicule assez petit. Rien à droite. Comme dans le cas du pinson de Max Weber, il suffit, pour expliquer l'anomalie, d'admettre que l'ovaire se trouvait au milieu des seuils lors de la mue précédente, et qu'il y avait une légère différence entre les parties gauche et droite.

Conclusion. — Les résultats expérimentaux relatifs à l'action de l'ovaire sur le plumage des oiseaux (1° action empêchante; 2° tout ou rien; 3° seuil différentiel) nous permettent d'expliquer, *par la seule intervention des hormones*, des anomalies assez complexes qui semblaient en désaccord avec les théories récentes de l'endocrinologie.

EMBRYOGÉNIE. — *Le mode d'édification du vomer définitif au cours de la métamorphose chez les Salamandridæ.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Henneguy.

Dans l'étude des processus par lesquels se transforme la voûte palatine des Urodèles, les résultats les plus intéressants sont fournis par l'étude du vomer. Cet os superficiel, d'origine dentaire (O. Hertwig, 1874), placé derrière l'arc maxillaire, présente dans son remaniement des étapes faciles à repérer, même sur le vivant, par la simple inspection du palais, grâce au boursouflement de la muqueuse, siège de la prolifération des dents. Les dissections, d'autre part, font connaître le nombre des dents, leur distribution, le degré de leur développement, la position réciproque des plus jeunes et des plus âgées, la manière dont elles se rassemblent pour constituer la plaquette dentée, l'emplacement et la forme de celle-ci. J'ai établi le mode d'édification du vomer définitif chez *Salamandra maculosa* Laur et chez *Amblystoma tigrinum* Green.

Deux processus distincts doivent être considérés : 1° le déplacement du bord denté et de la plaquette d'union des socles dentaires; 2° l'établissement du vomer en tant que pièce osseuse définitive et complète, composée d'une marge ou d'une apophyse dentée et d'une large lame dépourvue de dent, le bouclier vomérien.

Fait important, ces deux processus ne sont pas concomitants; chacun d'eux marque un moment précis de la métamorphose; le premier coïncide avec les changements de rapports qu'affectent entre eux les divers organes de la base du crâne, capsules nasale et otique, globes oculaires, suspenseur, etc.; il se poursuit encore après que l'animal a fini de revêtir sa parure terrestre; l'autre correspond à la période où les remaniements métaboliques des organes sont terminés. La première période est une étape de « préparation »; la seconde une phase d' « achèvement ».

A. *Stade de migration du bord denté.* — La saillie muqueuse vomérienne, située comme un croissant chez la larve entre la choane et le bord latéral du parasphénoïde, recule progressivement en dedans et en arrière et ne présente de dents que du côté où elle s'étend. Chez *Salamandra maculosa*, les deux bourrelets muqueux s'allongent progressivement en arrière et se joignent en avant, au-dessous du parasphénoïde, en prenant l'aspect d'un fer à cheval. Leur dissection montre qu'ils sont constitués de plusieurs

zones; la région postérieure ne présente aucune dent; l'extrémité même n'est qu'un boursouflement superficiel sans participation du chorion muqueux et du tissu sous-jacent; en avant, se trouve un soubassement fibreux situé d'abord seulement dans le territoire de néoformation dentaire et qui, au seuil du deuxième stade, s'étend à la région où se formera le bouclier vomérien. Cette région, non dentée, ne présente aucune tuméfaction visible; c'est dans les deux tiers antérieurs du bourrelet muqueux que naissent et évoluent les dents. Parmi celles-ci, les postérieures, réduites à un petit cône de dentine surmonté d'une pointe d'émail, sont les plus jeunes; les plus complètes, qui sont les plus âgées, sont antérieures; en réunissant leurs socles, elles forment la plaquette vomérienne; dans le territoire intermédiaire on constate, en allant vers l'avant, des dents de plus en plus développées. O. Hertwig (p. 115, *Pl. I*, *fig.* 3 et 4) n'a vu que le début du processus, mais il a expressément indiqué que la plaquette osseuse croît en dimension du côté postérieur, tandis qu'elle se désagrège en avant par la chute des dents et la résorption plus tardive de la tablette osseuse constituée par leurs socles unis. La migration de la saillie muqueuse et de la lamelle osseuse dentées continue jusqu'à ce que les dents se développent à la place qu'elles occupent chez l'adulte parfait.

La durée des dents est courte; le cycle de leur vie est bref; aussi la lamelle osseuse en déplacement est-elle toujours petite. Elle est particulièrement étroite chez les *Amblystoma tigrinum* dont la métamorphose a été provoquée par le procédé d'assèchement graduel (Maria von Chauvin, 1885) qui astreint les larves à des conditions défavorables pour leur nutrition et facilite la résorption osseuse; dans ce cas, le socle de cément n'est jamais complet; il n'est ossifié qu'à sa base ou même reste entièrement fibreux.

On se rend compte aisément que la « migration du bord denté » n'est qu'une apparence; car la plaquette osseuse est aux divers moments de son déplacement composée de parties nouvelles. C'est sur place que chaque dent évolue et *c'est le processus même du foisonnement dentaire qui s'étend*.

Il s'étend dans un seul sens, strictement déterminé, celui qui par le plus court chemin mène le bord denté à sa place définitive. L'établissement de l'apophyse dentée ne résulte pas de la confluence d'ébauches multiples, primitivement disjointes, nées à l'endroit même où elle persistera chez l'adulte; il s'effectue par l'extension de proche en proche d'un unique foyer de néoformation dentaire, se propageant comme par infection, comme si l'élaboration de dents nouvelles exigeait la présence d'une substance spéciale émanée des territoires en activité.

Le déplacement de ce foyer est aussi très spécial; une ébauche, un bourgeon s'étendent en conservant la base par laquelle ils reçoivent les matériaux nécessaires à leur extension; ici nous observons dans le même territoire d'un côté la vie, l'organisation, un développement cellulaire intense; de l'autre, la régression, la destruction, la dissémination locale des structures organisées, et leur reprise partielle par l'organisme.

La régularité avec laquelle recule le bord denté est mise en valeur par la place qu'on lui voit occuper, à mi-chemin de son parcours normal, chez les « demi-Amblystomes branchiés » (¹) dont la métamorphose a été expérimentalement arrêtée à la fin des transformations externes.

B. *Stade d'ossification générale définitive.* — La membrane fibreuse épaisse qui s'est développée dans tout le territoire du vomer futur, pendans le premier stade, s'ossifie rapidement en même temps que le bord denté, devenu fixe, se complète et se consolide. Les débris osseux des socles détruits, que l'on trouve dans les régions qui ont été le siège éphémère d'un foisonnement dentaire, sont probablement utilisés pour cette construction, mais à la périphérie, le bouclier vomérien ne dérive aucunement des dents, de sorte que le *vomer définitif provient d'une double origine*, une ossification dentaire et une ossification membraneuse directe, tandis que le vomer larvaire est d'après M. Hertwig seulement édifié par les dents.

De l'examen des processus par lesquels s'édifie le vomer définitif des Salamandridæ, on doit conclure qu'il est entièrement nouveau et qu'aucune partie de l'arc denté voméro-ptérygo-palatin larvaire n'entre dans sa composition.

THÉRAPEUTIQUE. — *Sur un nouvel hypnotique de la série barbiturique : la butyl-éthyl-malonylurée.* Note de MM. **Paul Carnot** et **Marc Tiffeneau**, présentée par M. Roux.

Lorsqu'ils découvrirent le véronal, en 1903, Em. Fischer et von Mering (²) firent une étude systématique de toute la série des malonylurées symétriquement dissubstituées dont le véronal est le type.

(¹) Wintrebert, *Comptes rendus de Société Biologie*, t. 65, 1908, p. 415 et 549, et de l'*Association française pour l'Avancement des Sciences : Congrès de Clermont-Ferrand*, 72 pages.

(²) Em. Fischer et von Mering, *Therapeut. Monatshefte*, t. 44, 1903, p. 97.

Ils observèrent que les propriétés hypnotiques de ces dérivés vont en croissant jusqu'au terme en C^{10}, pour décroître ensuite très rapidement :

Diméthylmalonylurée	C^6	inactif
Diéthylmalonylurée (véronal)	C^8	actif
Dipropylmalonylurée (proponal)	C^{10}	très actif
Diisobutylmalonylurée	C^{12}	actif
Diisoamylmalonylurée	C^{14}	faiblement actif

A côté de cette série, dont les termes progressent par deux atomes de carbone à la fois, il y avait lieu d'envisager les séries tout aussi importantes des malonylurées dissymétriquement dissubstituées, dans lesquelles les divers termes progressent par un seul atome de carbone et dont on ne connaissait jusqu'ici que deux représentants.

L'un de nous ([1]) a entrepris l'étude de ces diverses séries en faisant varier successivement chacun des groupes substituants, et l'une de ces séries, celle des éthylalcoylmalonylurées a fait l'objet de recherches approfondies qui ont conduit à de nouveaux dérivés intéressants.

Cette série comprend six termes dont nous relatons ci-dessous les principales constantes physiques ainsi que le pouvoir hypnotique apprécié comparativement après administration par la voie intraveineuse. Nous y avons ajouté le véronal qui nous a servi de terme de comparaison.

Dialcoylmalonylurées dissymétriques.	Nombre d'atomes de carbone.	Points de fusion.	Solubilité dans 100cm³ d'eau à 15°-20°.	Pouvoir hypnotique rapporté à celui du véronal = 10.
Ethylméthylmalonylurée	C^7	212°	»	5
Ethyléthylmalonylurée	C^8	191	68 cg	10
Ethylpropylmalonylurée	C^9	146	88	20
Ethylbutylmalonylurée	C^{10}	128	35	30
Ethylisobutylmalonylurée	C^{10}	174	15,3	30
Ethylisoamylmalonylurée	C^{11}	154	6,5	30
Ethylheptylmalonylurée ([2])	C^{13}	119	0,3	25

Parmi ces dérivés, les termes en C^{10} et C^{11} sont de beaucoup les plus actifs; l'un d'entre eux, la butyléthylmalonylurée, nous a paru particulièrement indiqué pour l'emploi thérapeutique, à cause de sa plus grande

([1]) Tiffeneau, *Journal de Pharmacie et de Chimie*, t. 25, 1922, p. 153.
([2]) Ce dérivé a été préparé et étudié par notre élève, M. Sommaire.

solubilité dans l'eau qui le rend plus rapidement actif et qui facilite son élimination.

Nous en avons fait l'étude pharmacodynamique et clinique.

1° *Étude pharmacodynamique.* — Chez le chien, la butyléthylmalonylurée provoque un sommeil profond et durable, aux doses suivantes : $3^{cg},5$ par kilogramme d'animal par la voie intraveineuse, 5^{cg} par kilogramme d'animal par la voie buccale; dans le premier cas le sommeil survient en quelques minutes, dans l'autre en 20 à 30 minutes [1].

Pour le véronal, ces doses sont respectivement de 11^{cg} par la première voie et de 15^{cg} par l'autre; de plus, le sommeil survient plus tardivement.

La butyléthylmalonylurée est donc trois fois plus active que le véronal et ses effets se manifestent plus rapidement.

La dose mortelle pour la souris est d'environ 18^{cg} par kilogramme d'animal, alors que la dose mortelle du véronal est de 54^{cg}; il en résulte que, pour ces deux substances, la toxicité est proportionnelle à l'activité hypnotique.

2° *Étude clinique.* — Chez l'homme, la butyléthylmalonylurée a été trouvée efficace soit comme hypnotique, soit comme sédatif du système nerveux. Dans les deux cas, les doses usuelles sont de 10^{cg} à 20^{cg} par la voie gastrique et de 5^{cg} à 10^{cg} par la voie sous-cutanée.

Effets hypnotiques. — L'activité de la butyléthylmalonylurée est environ trois fois plus grande que celle de la diéthylmalonylurée (véronal).

Dans les *insomnies légères*, les doses de 5^{cg} à 10^{cg} par la voie buccale sont suffisantes; mais dans les *insomnies douloureuses* (sciatiques, névralgies faciales ou intercostales, coliques hépatiques, etc.), il faut recourir aux doses fortes : 15^{cg} à 20^{cg} en ingestion et 10^{cg} en injection sous-cutanée.

Le sommeil survient généralement en 30 à 40 minutes et sa durée varie de 6 à 10 heures, suivant la dose. Le réveil est normal, sans lassitude ni céphalée.

Dans les *insomnies fébriles* (pneumonie notamment), ainsi que dans les *insomnies des délirants* (manie, delirium tremens, etc.), l'injection sous-cutanée de 15^{cg} à 20^{cg}, en une ou deux fois, a suffi le plus souvent à produire un calme durable.

Ces cas très divers peuvent servir de critérium pour établir la valeur hypnotique remarquable de la butyléthylmalonylurée.

Effets sédatifs. — Comme sédatif, c'est surtout dans les *délires infectieux ou toxiques*, ainsi que dans l'*épilepsie*, que nous avons obtenu les meilleurs résultats.

L'administration quotidienne de 10^{cg} suffit le plus souvent à rétablir le calme et à supprimer ou à espacer notablement les crises convulsives.

Conclusions. — Les résultats cliniques que nous venons d'exposer confirment et élargissent même les données fournies par l'expérimentation sur l'animal.

---

(1) En injections sous-cutanées, l'action est, comme pour le véronal, beaucoup plus tardive, même avec des doses doubles.

Les uns et les autres montrent l'importance de l'introduction du radical butyle dans la série des malonylurées, sinon par les propriétés spécifiques [1] de ce radical, du moins par la grandeur de son poids moléculaire qui intervient pour modifier favorablement les caractères physico-chimiques dont dépend en grande partie le pouvoir hypnotique des malonylurées.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

---

[1] Les radicaux isobutyle et isoamyle sont susceptibles de jouer le même rôle que le radical butyle. Ce rôle n'est nullement spécifique; l'un de nous a constaté en effet que, dans les composés où il existe deux substitutions butyles ou amyles, le pouvoir hypnotique non seulement n'est jamais augmenté, mais est parfois diminué.

ERRATA.

(Séance du 3 juillet 1922.)

Note de M. *Armand Cahen*, Sur les solutions singulières des équations différentielles du premier ordre :

Page 16, ligne 19, *ajouter* « intégrales linéaires de l'équation donnée », *après* « Ces droites $\varphi(y - a_i x, a_i) = 0$ ».

Page 18, ligne 10, *ajouter* « obtenue en éliminant p entre les équations (6) », *après* « forme connue de l'intégrale générale ».

Note de M. *Pierre Lesage*, Expériences pour servir à l'étude du mouvement des liquides dans les massifs cellulaires :

Page 48, ligne 16, *au lieu de* (pouvoir osmotique,. pression de turgescence), *lire* (pouvoir osmotique — pression de turgescence).